

УДК 621.314

Малышев Юрий Сергеевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: elektrikasr@mail.ru

Бурмакин Олег Анатольевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: boa_71@mail.ru

Попов Сергей Васильевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: popovsev3@ya.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ ПО СИСТЕМЕ ТРАНСФОРМАТОР-АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ ЯКОРНО- ШВАРТОВНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Аннотация. В статье рассмотрена целесообразность применения имитационной модели для определения параметров трансформатора для пуска электропривода судовой лебедки от синхронного генератора. Разработана имитационная модель и приведены результаты моделирования. Показана целесообразность применения предложенной модели для определения оптимальных параметров трансформатора.

Ключевые слова: судовая электрическая система, трансформаторный пуск асинхронного двигателя, согласование электрических параметров судовой сети.

При проектировании новых судов особой задачей является их оснащение оборудованием, имеющим соответствующие расчетные параметры, как механические, так и массогабаритные. Среди прочего оборудования подбор лебедочных механизмов является достаточно сложной задачей, поскольку диапазон мощностей лебедок, предлагаемых отечественным производством, ограничен. Если якорно-швартовные лебедки с электроприводом, рассчитанным на напряжение 380 В трехфазного переменного тока имеют стандартный ряд мощностей, то лебедки с электроприводом переменного тока на напряжении 220 В производятся с укрупненным шагом ряда мощностей. Отсюда следует, что при принятых параметрах генераторов судовой электростанции с трехфазным напряжением 220 В будут возникать значительные сложности в подборе лебедочных механизмов, особенно для малых мощностей.

Существует два варианта решения указанной проблемы:

- устанавливать лебедки с завышенными параметрами из предложенного ряда мощностей, что приведет к увеличению массо-габаритных показателей и пусковых токов;
- выполнять согласование электрических параметров судовой сети и питания электропривода лебедки за счет внедрения дополнительного устройства.

Оценка оптимальных технико-экономических показателей между первым и вторым вариантом является сложной задачей, которая может быть решена только в каждом конкретном случае при известных параметрах мощностей генераторов, тяговых усилиях на лебедке, установочных размеров для палубных механизмов и др.

Исходя из опыта проектирования судового электрооборудования известно, что для выбора лебедочных механизмов для судов малого и среднего водоизмещения устанавливают лебедки с электроприводом, работающим от напряжения 24 В, что приводит к проектированию судовой сети на соответствующее напряжение постоянного тока и дополнительной судовой сети на напряжение 220 В переменного тока.

Если судовая сеть выполнена на переменном токе с линейным напряжением 220 В, то иногда более приемлемым вариантом оснащения судна является установка лебедки с питанием электропривода переменным трехфазным напряжением 380 В. Специфика большинства таких электроприводов заключается в отсутствии возможности переключения статорных обмоток двигателя. Роль согласующего напряжения устройства может выполнить трехфазный трансформатор. Структурная схема системы электропитания привода лебедки показана на рисунке 1.

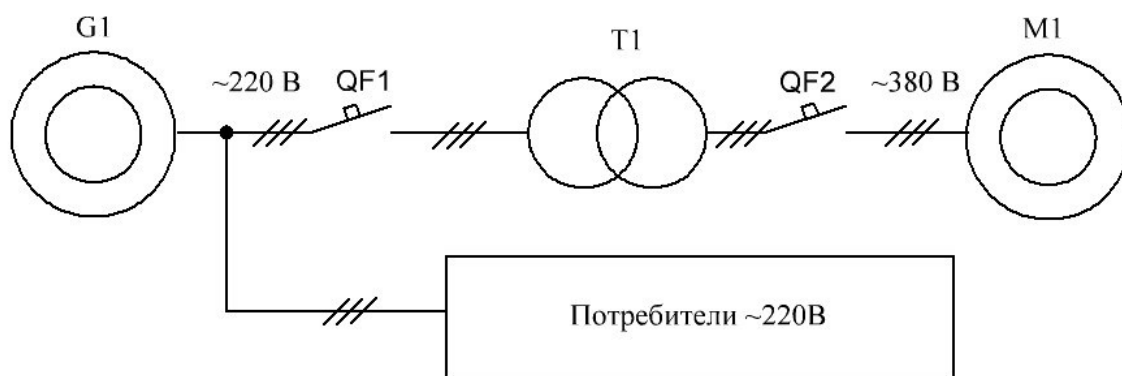


Рисунок 1 – Структурная схема системы электропитания привода лебедки

Из теории известно, что при прямом пуске асинхронного электродвигателя ток может превышать номинальный в 5-7 раз [1]. Кроме того, особенность работы лебедок заключается в возможном режиме работы электродвигателя – стоянка под током. Поскольку все трансформаторные устройства имеют падающую внешнюю характеристику, как и синхронные генераторы переменного тока, при пуске электропривода лебедки будут возникать провалы напряжения, что приведет к снижению электромагнитного момента двигателя и, как следствие, ухудшению пусковых характеристик. Все вышесказанное подводит к вопросу о выборе оптимальной мощности трансформатора при известной мощности электропривода лебедки.

Для оценки электрических параметров при пуске электродвигателя лебедки, а также момента и скорости вращения вала, удобно использовать имитационную модель электроэнергетической системы с трансформаторным пуском асинхронного двигателя. Интерес представляет исследование электрических переходных процессов в судовой сети при изменении схем включения обмоток трансформатора, а также в режимах работы лебедки при провисании и натяжении якорной цепи.

При разработке имитационной модели, представленной на рисунке 2, в среде Matlab simulink для указанных целей выявлен ряд особенностей и проблем, связанных с отсутствием в приложенных к пакету библиотеках необходимого для моделирования оборудования [3]. Во-первых, в библиотеках отсутствуют трансформаторы и асинхронные двигатели малых мощностей, либо имеют укрупненный шаг ряда мощностей. Во-вторых, приведенная в библиотеках серия асинхронных двигателей не предназначена для работы в лебедочных механизмах.

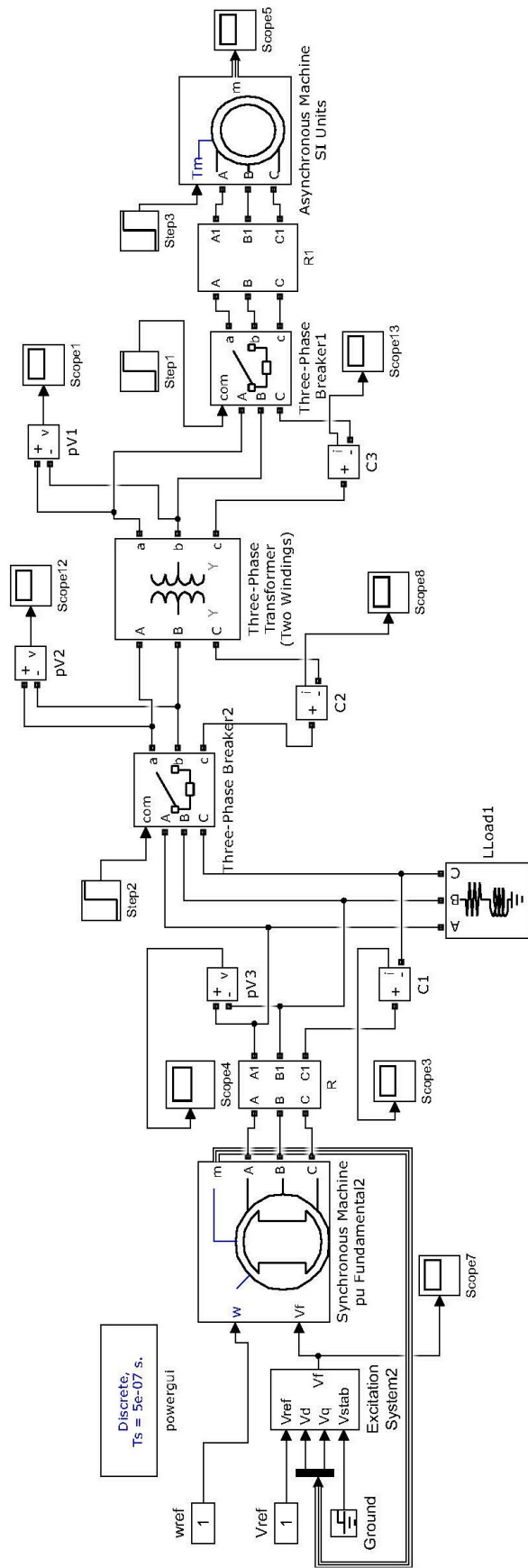
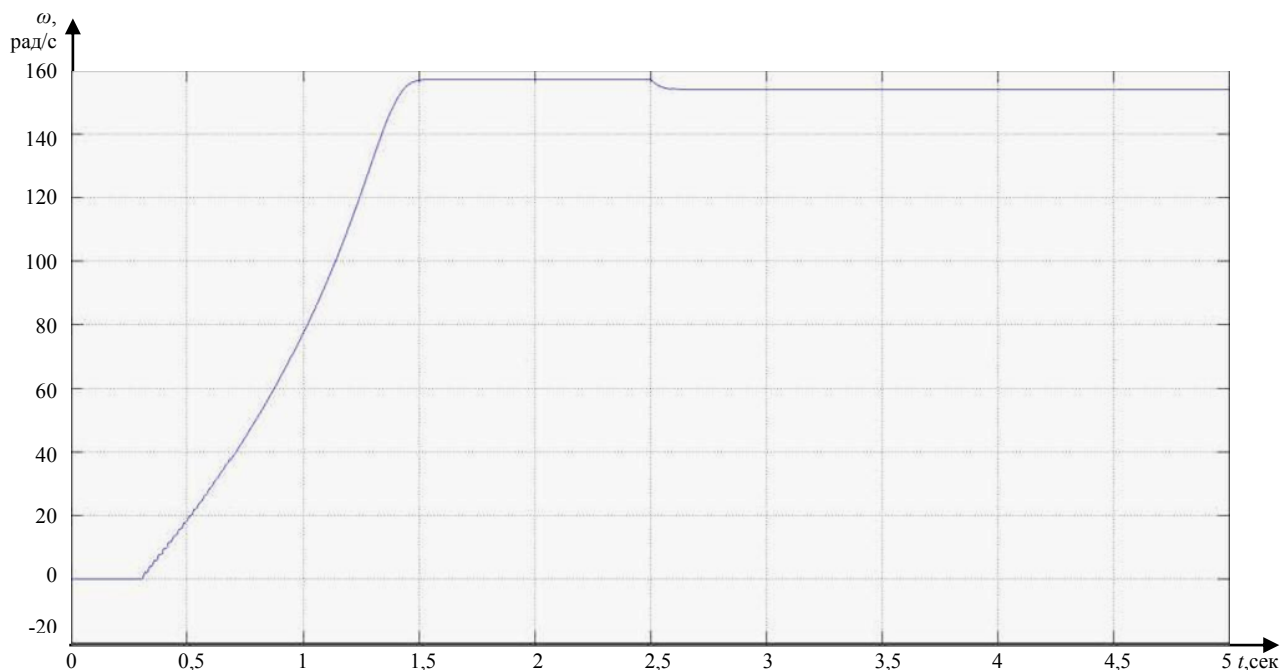


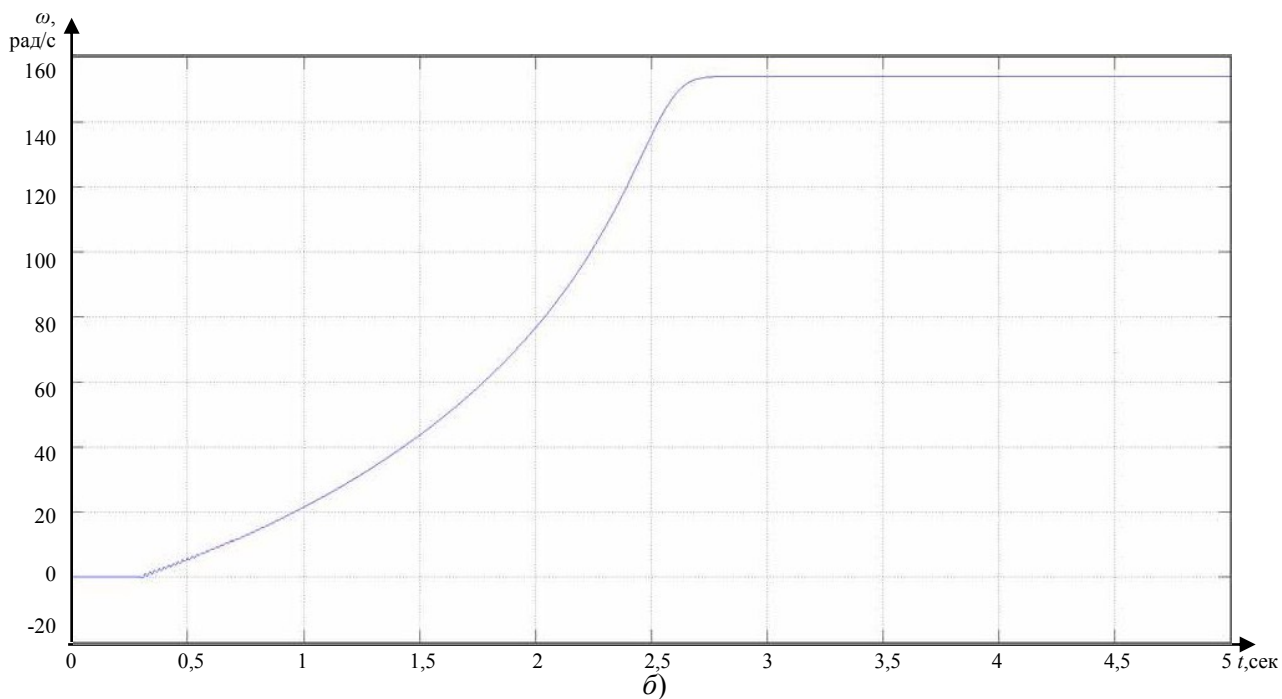
Рисунок 2 – Имитационная модель системы электропитания привода лебедки

Синхронный генератор, трансформатор и асинхронный электродвигатель, установленные в модели, имеют каталожные данные, а их мощности ориентированы на мощности реального судового электрооборудования.

На рисунке 2 показана схема имитационной модели, где в качестве генератора выбран блок Synchronous Machine pu Fundamental2 мощностью 60 кВА. Внесенные параметры в блоки трансформатора Three-Phase Transformer (Two Windings) и асинхронного двигателя Asynchronous Machine SI Units были определены расчетным путем по справочным данным [2].



a)

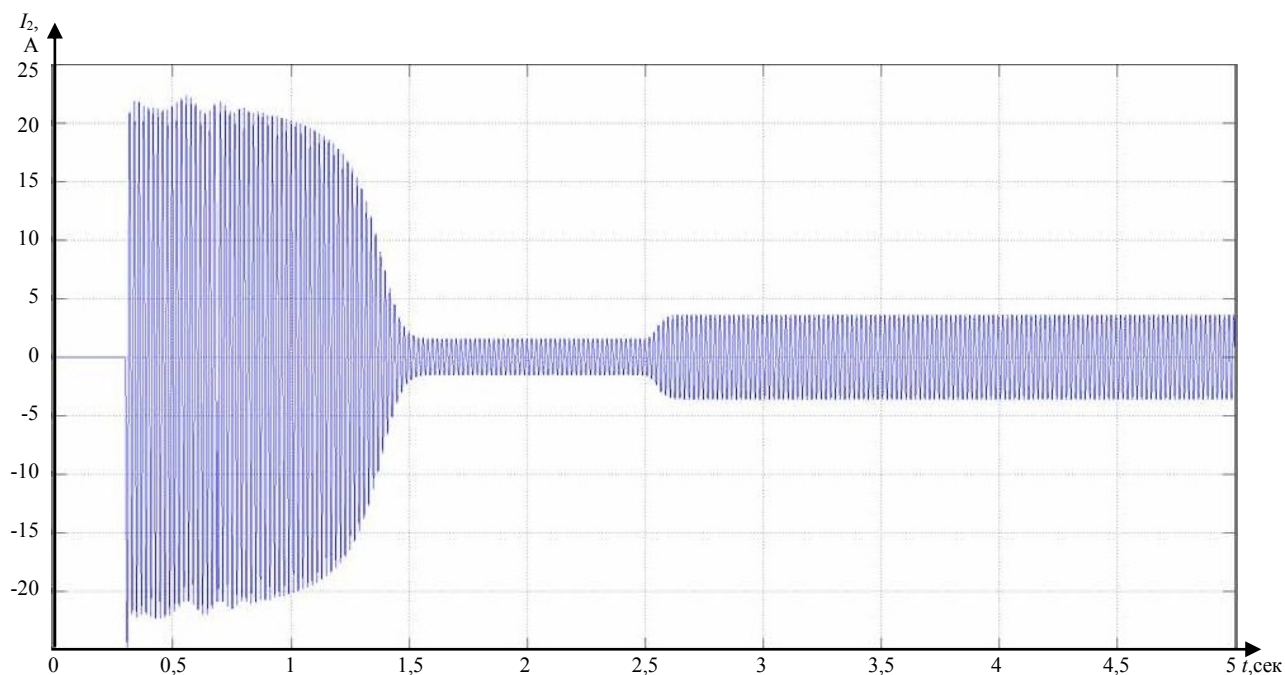


б)

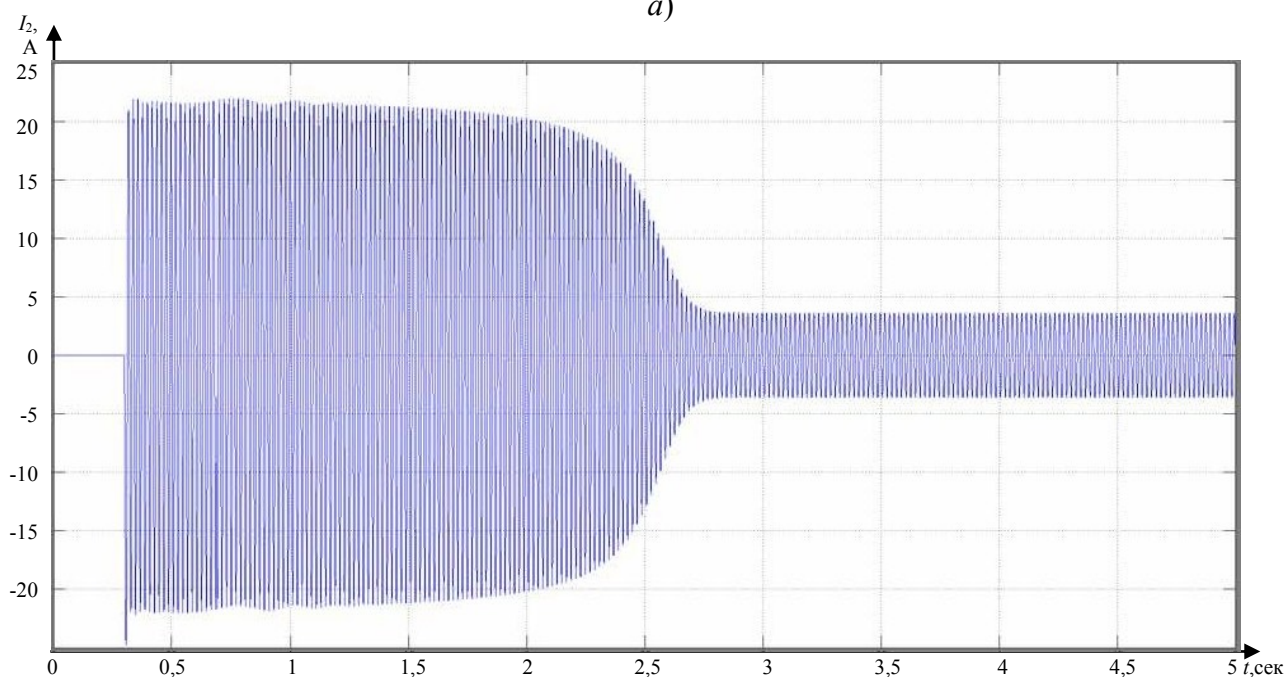
Рисунок 3 – Диаграммы процесса разгона АД

В результате моделирования получены диаграммы, приведенные на рисунках 3-5. Моделирование выполнялось при пуске электродвигателя лебедки без нагрузки, с

последующим набросом номинальной нагрузки через 2,5 секунды (рисунки 3-5, а), и при пуске с номинальной нагрузкой (рисунки 3-5, б). На диаграммах в течение 0,1 секунды выполняется процесс возбуждения генератора, а подключение двигателя происходит на 0,3 секунде.



а)

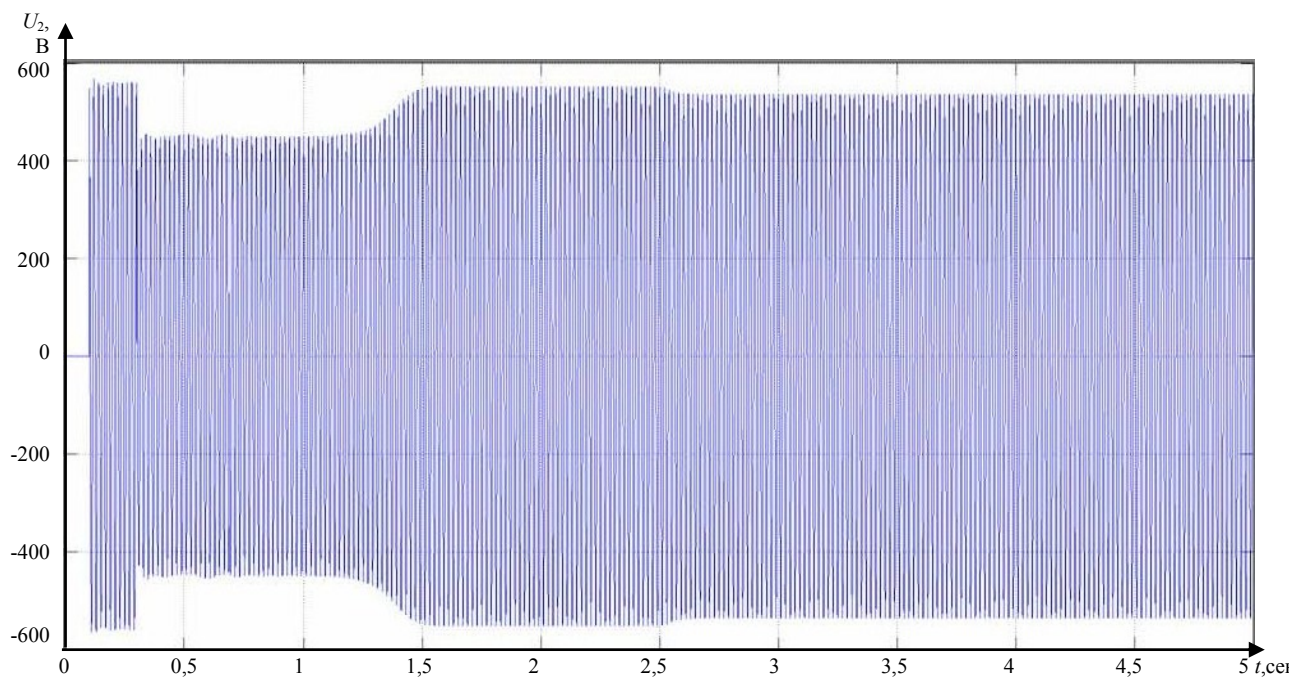


б)

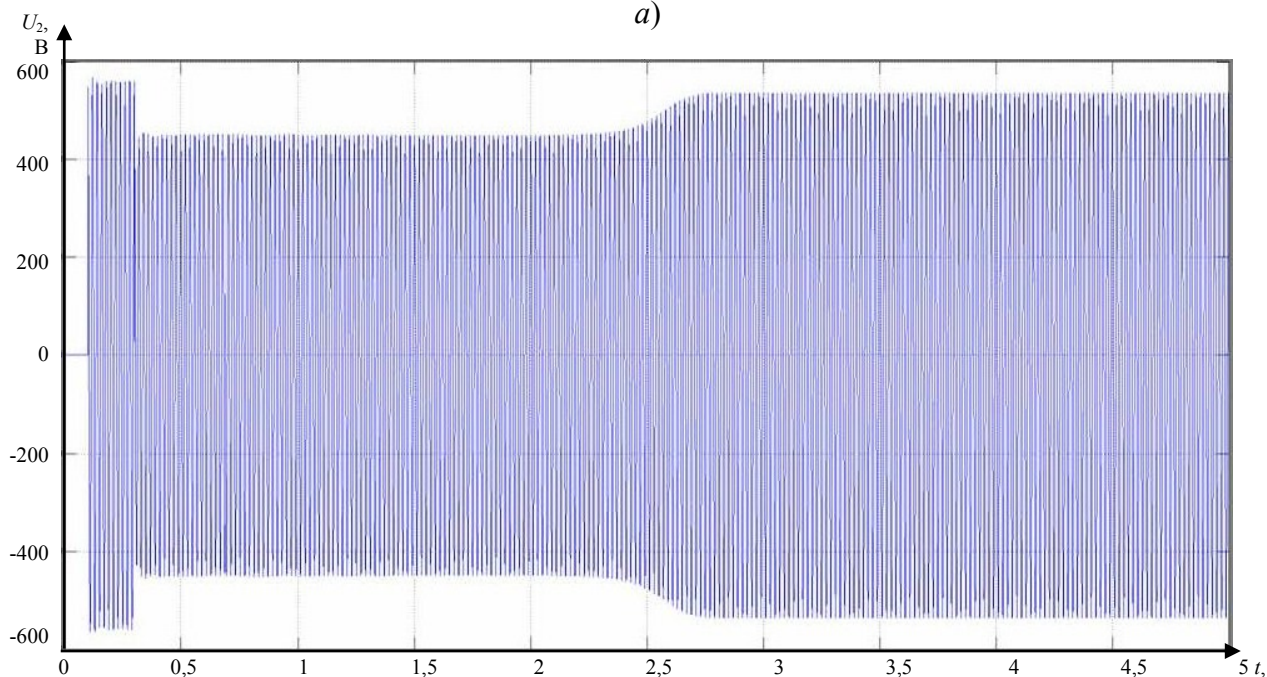
Рисунок 4 – Диаграммы изменения тока вторичной обмотки трансформатора

При оценке диаграмм (рисунок 3 а, б) наблюдается снижение установившейся скорости на 2% от номинального значения. На диаграммах (рисунок 4 а, б) показано изменение тока в течение пуска электродвигателя. Максимальное значение пускового тока достигает 22 А, что ниже каталожного значения 18,5%. Это объясняется снижением питающего напряжения на обмотке статора, в соответствии с внешней характеристикой трансформатора [4, 5]. Диаграммы переходных процессов напряжения вторичной обмотки

трансформатора приведены на рисунке 5 а, б. Из диаграмм следует, что провал напряжения при пуске не превышает значения 20% от номинального. Сравнительный анализ переходных процессов показывает, что пуск под нагрузкой является более продолжительным.



а)



б)

Рисунок 5 – Диаграммы изменения напряжения вторичной обмотки трансформатора

Таким образом, все полученные с помощью моделирования переходные процессы, соответствуют реальным физическим процессам, что свидетельствует об адекватности имитационной модели, и возможности ее применения для определения параметров согласующего трансформатора.

Список литературы:

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2-х т. Том 1: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 656 с., ил.
2. Китаенко Г.И. Справочник судового электрика. Том 2. Судовое электрооборудование. – Л.: Судостроение, 1980.
3. Черных И.В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink.» – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).
4. Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2008 - 320 с.: ил. ISBN 978-5-469-01380-8
5. Исследование типовых процессов пуска на модели системы «Трансформаторно-тиристорный пускатель-асинхронный двигатель» / Д.М. Анисимов, М.В. Вечеркин, И.А. Сарваров, М.Ю. Петушков //Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. – Вып. 15. – Магнитогорск, 2008.

SIMULATION MODEL OF THE LAUNCHER ACCORDING TO THE TRANSFORMER ASYNCHRONOUS MOTOR SYSTEM FOR ANCHOR-MOORING MECHANISMS

Yuriy. S. Malyshev, Oleg.A. Burmakin, Sergey.V. Popov

Abstract. The article considers the expediency of using a simulation model to determine the parameters of a transformer for starting an electric drive of a ship's winch from a synchronous generator. A simulation model has been developed and simulation results have been presented. The expediency of using the proposed model for determining the optimal parameters of the transformer is shown.

Keywords: ship's electrical system, transformer start-up of asynchronous motor, matching of electrical parameters of the ship's network.