

УДК 621.314

Малышев Юрий Сергеевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: elektrikasp@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 ОТ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

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.

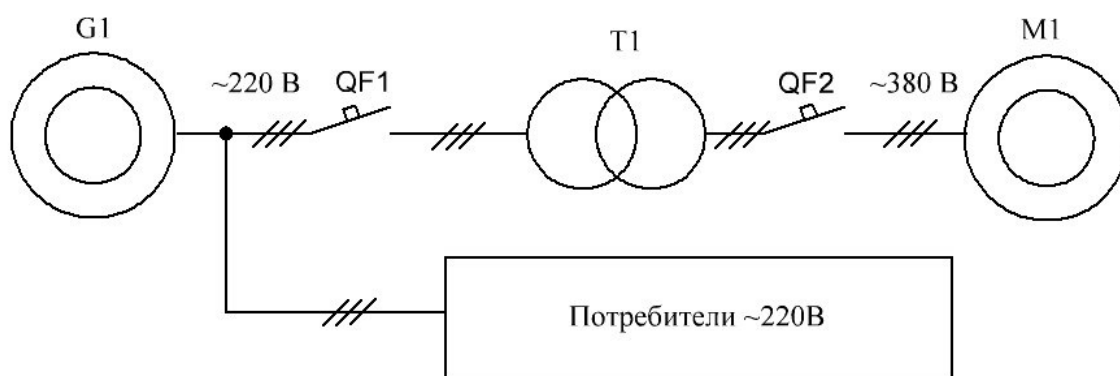


Рисунок 1 – Структурная схема системы электропитания привода лебедки

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 выше сказанное 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.

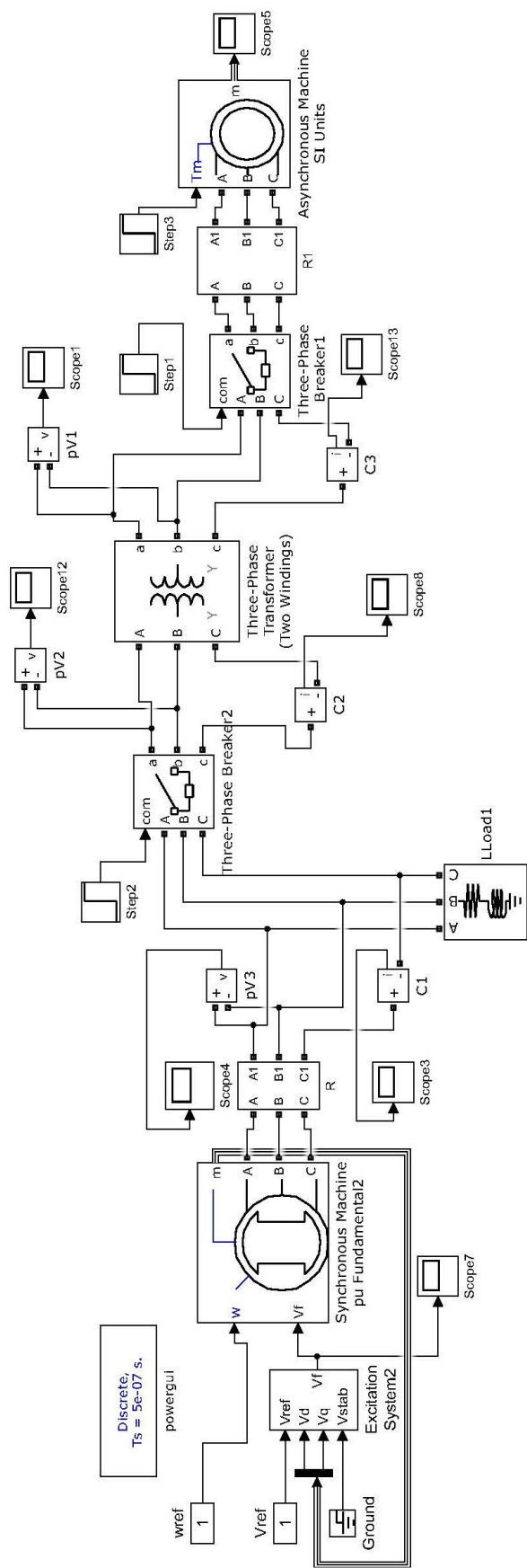
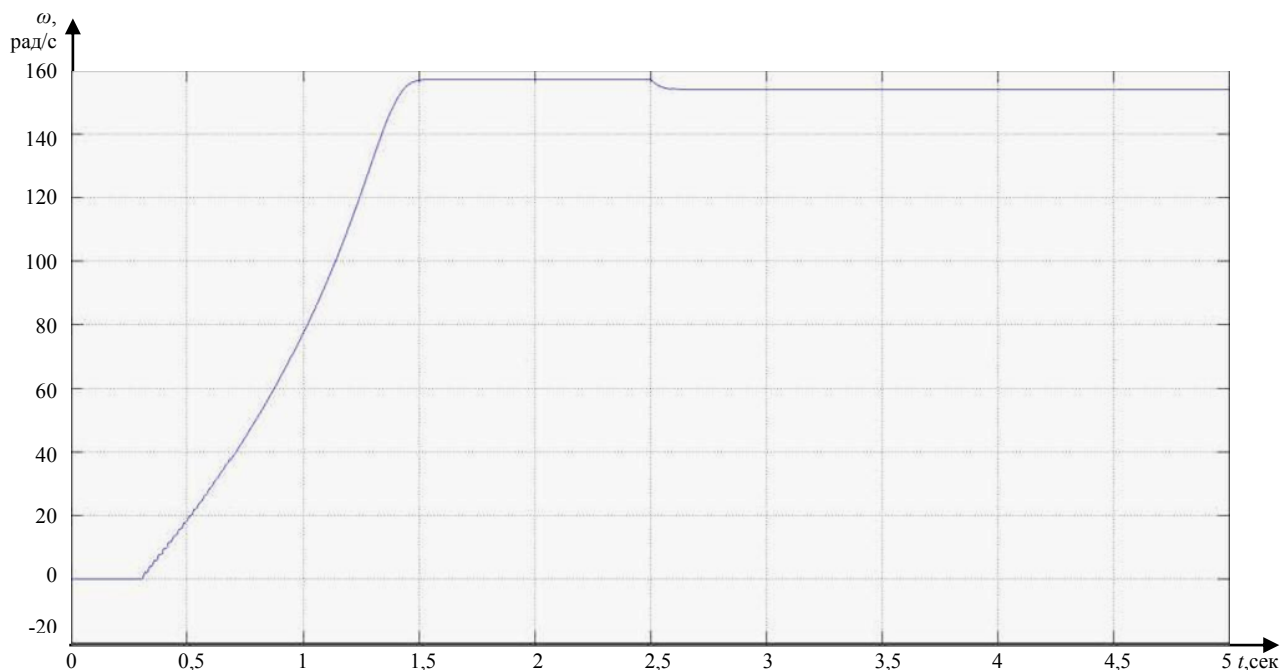


Рисунок 2 – Имитационная модель системы электропитания привода лебедки

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)

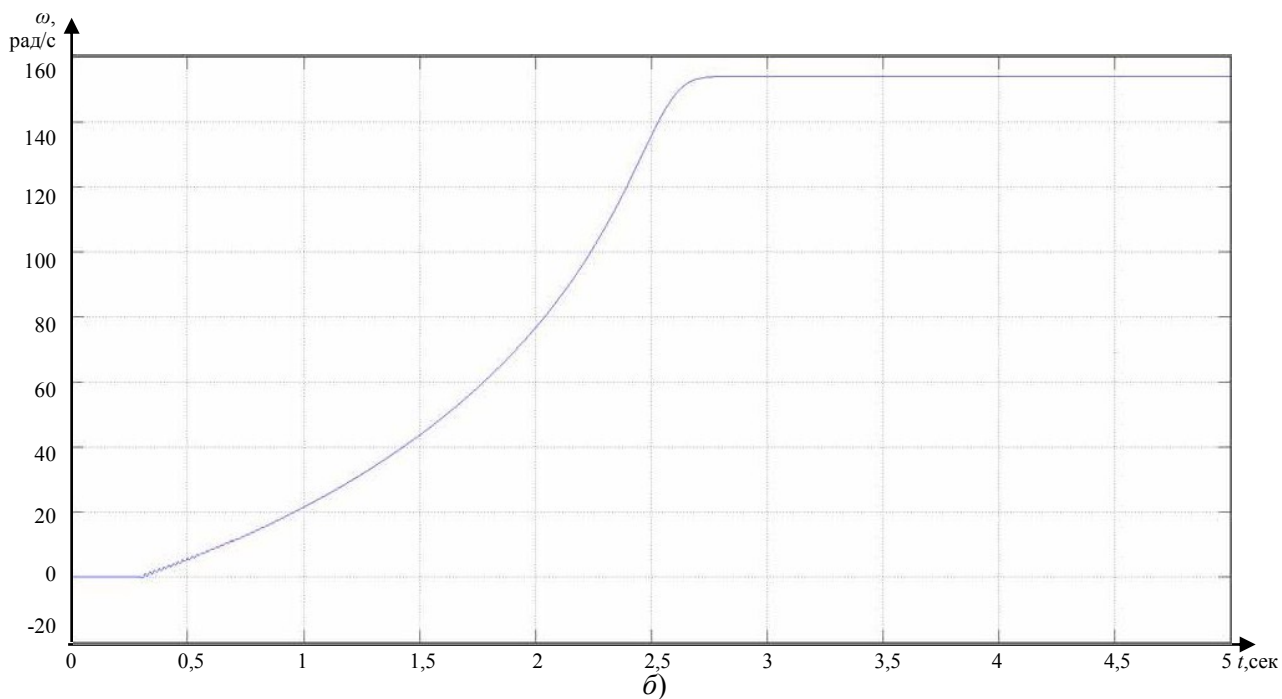
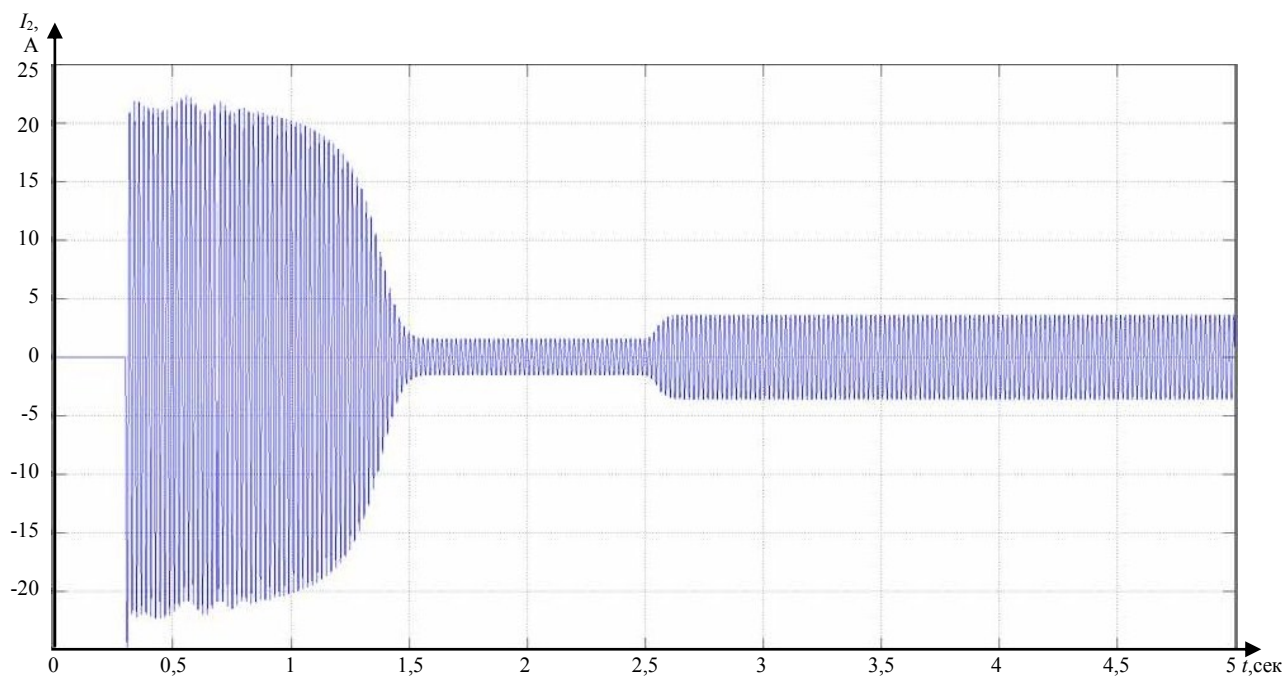


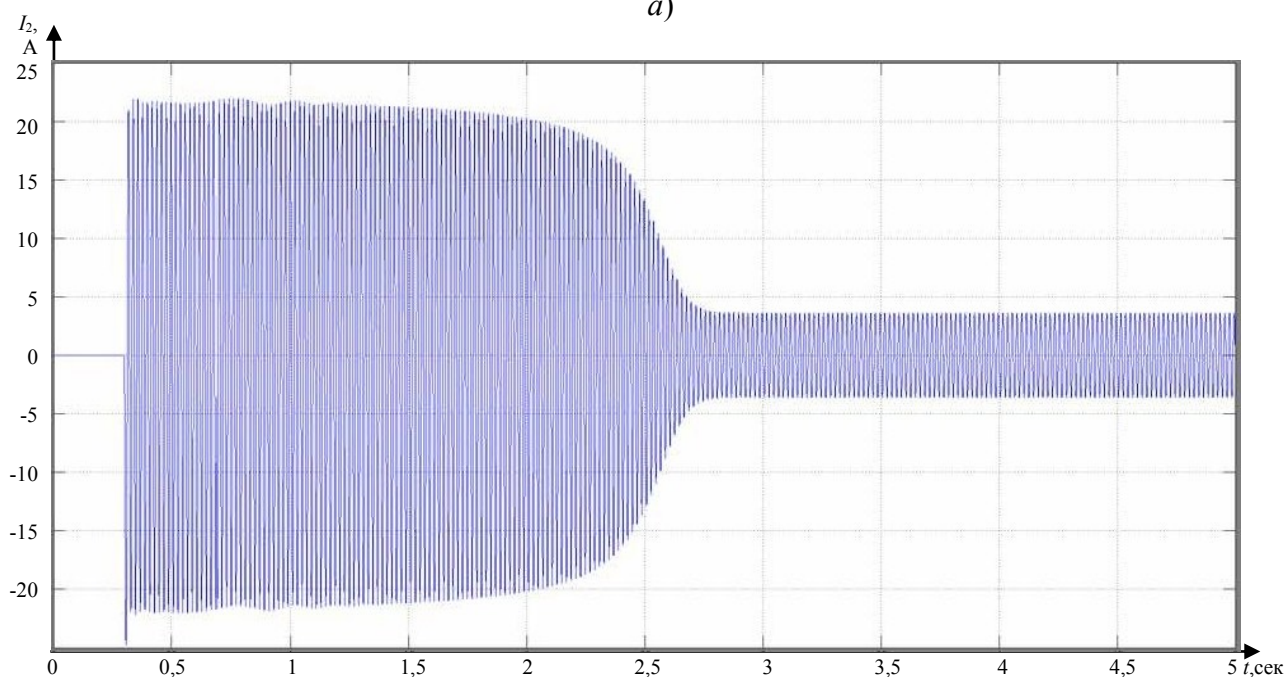
Рисунок 3 – Диаграммы процесса разгона АД

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)

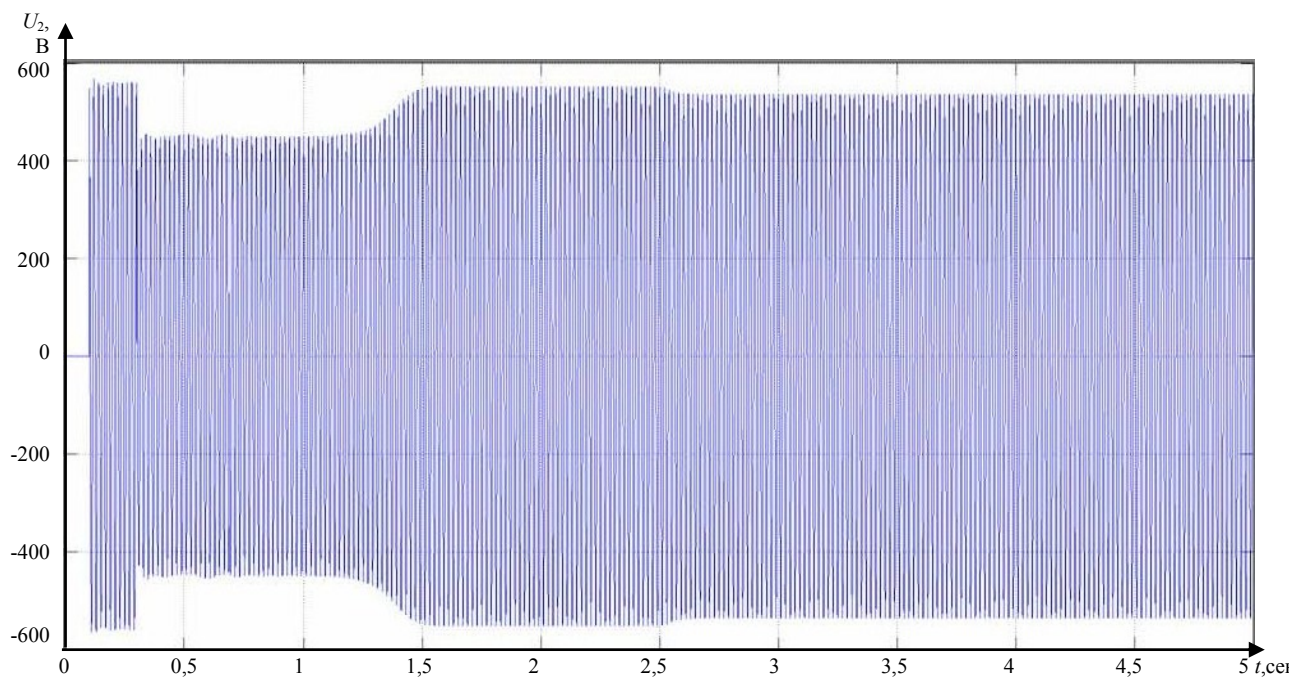


б)

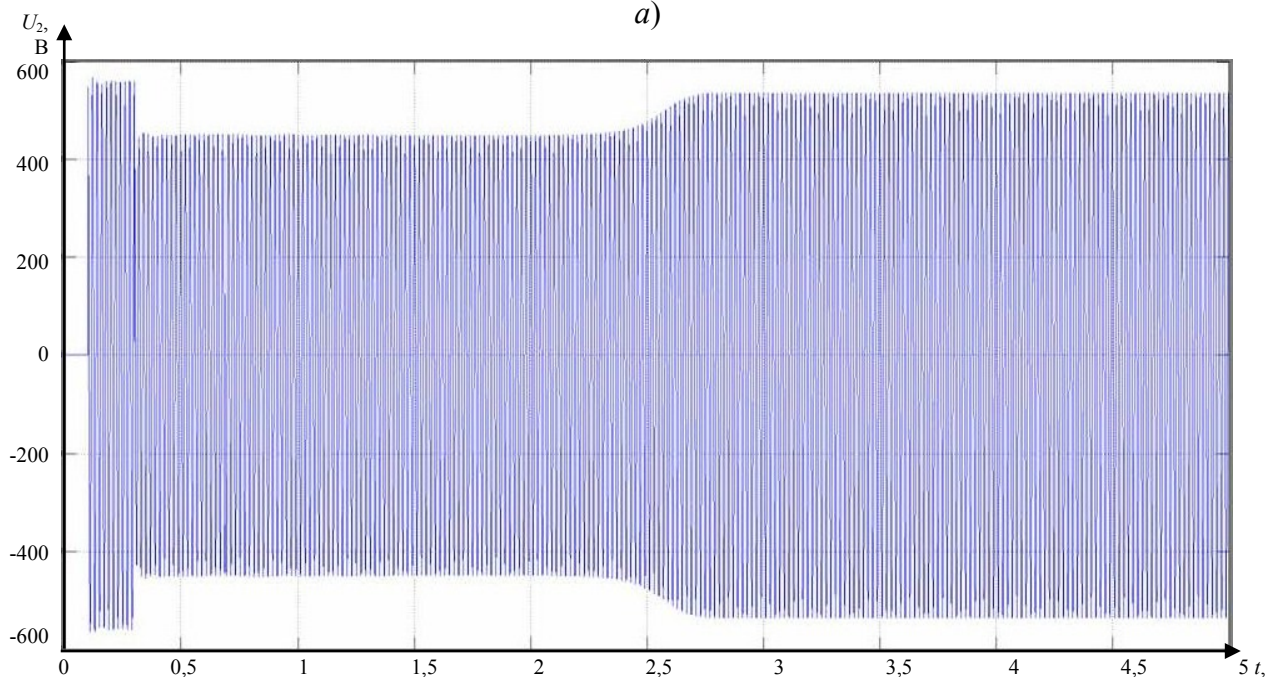
Рисунок 4 – Диаграммы изменения тока вторичной обмотки трансформатора

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 FROM THE SHIP POWER PLANT

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.