

УДК 62-83,621.313

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЯКОРНО-ШВАРТОВНОЙ ЛЕБЕДКИ, УЧИТЫВАЮЩАЯ РЕЖИМ СТОЯНКИ ПОД ТОКОМ

Малышев Юрий Сергеевич¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: elektrikasp@mail.ru

Бурмакин Олег Анатольевич¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: boa_71@mail.ru

Попов Сергей Васильевич¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: popovsev3@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В докладе предложено решение задачи качественного выбора электрооборудования якорно-швартовой лебёдки (ЯШЛ), возникающей в виду ограниченности ряда мощностей лебёдок с напряжением питания 220 В. Обоснована организация питания ЯШЛ 380 В от судовой сети 220 В через повышающий трансформатор. Представлена имитационная модель, учитывающая различные режимы работы ЯШЛ, в том числе кратковременную стоянку под током. Представлены результаты моделирования и сделаны выводы об адекватности модели.

Ключевые слова: электропривод судовой лебедки, якорно-швартовая лебедка, имитационная модель электропривода, стоянка электродвигателя под током, выбор электродвигателя.

SIMULATION MODEL OF AN ELECTRIC DRIVE OF AN ANCHOR-MOORING WINCH, CONSIDERING THE MODE OF LOCKING WITH CURRENT

Malyshev Yuri Sergeevich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: elektrikasp@mail.ru

Burmakin Oleg Anatolievich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: boa_71@mail.ru

Popov Sergey Vasilievich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: popovsev3@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The report proposes a solution to the problem of high-quality selection of electrical equipment for an anchor-mooring winch (AMW), which arises due to the limited power of winches with a supply voltage of 220 V. The organization of power supply of the 380 V AMW from the ship's 220 V network through a step-up transformer is justified. A simulation model is presented that takes into account various operating modes of nuclear power lines, including short-term standstill under current. The simulation results are presented and conclusions are drawn about the adequacy of the model.

Keywords: electric drive of the ship's winch, anchor-mooring winch, simulation model of the electric drive, parking of the electric motor under current, choice of electric motor.

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 [1] 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 [2, 3]. 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 массогабаритных 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.

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 устройства может выполнить трехфазный трансформатор [1 – 4].

Выбор мощности такого трансформатора является непростой задачей, поскольку исходя из условия работы лебедки с номинальными параметрами, требует ответа на следующие вопросы:

- влияние внешней характеристики трансформатора;
- влияние соотношения мощности трансформатора к мощности генератора;
- влияние предварительной загрузки генератора и запаса его мощности;
- обеспечение режима стоянки электропривода лебедки под током.

Многогранность задачи приводит к необходимости создания имитационной модели для подбора параметров системы электроснабжения привода ЯШЛ.

Для этих целей разработана модель электроэнергетической системы, обеспечивающей пуск ЯШЛ от сети 380 вольт (см. Рисунок 1). Модель содержит синхронный генератор Synchronous Machine pu Fundamental 2 с полной мощностью 60 кВА и системой возбуждения excitation System 2. Генератор предварительно загружен мощностью 40 кВА с $\cos\varphi = 0,8$ (LLoad 1). В качестве электродвигателя ЯШЛ выбран односкоростной электродвигатель серии МАП, имеющий полную мощность 1,7 кВА (Asynchronous Machine Si Units). Момент нагрузки механизма задается нагрузочной диаграммой, учитывающей увеличение момента при отрыве якоря от грунта и кратковременную остановку двигателя элементом Repeating Sequence in terpolated. Моделирование выполнялось в следующей последовательности: запуск дизель-генератора, запуск



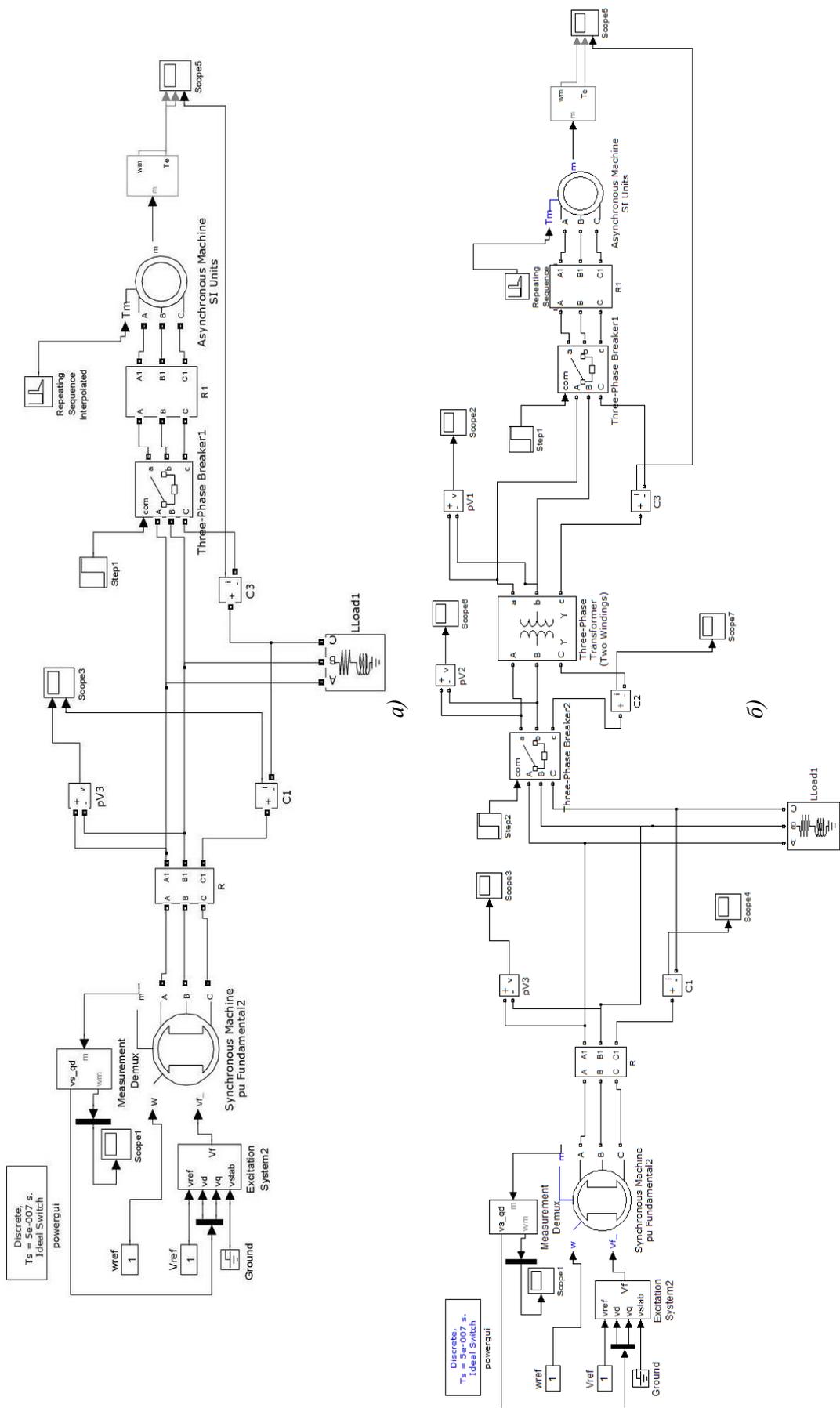


Рисунок 1 – Имитационная модель электропривода якорно-шаровтовой лебедки, учитывающая режим стоянки под током при прямом пуске а) и при подключении АД через согласующий трансформатор б)

электродвигателя, приложение нагрузки к двигателю, снятие нагрузки с двигателя. В результате моделирования были получены диаграммы переходных процессов, представленных на Рисунке 2.

На осциллограммах переходных процессов двигателя (см. Рисунок 2) отражены изменения скорости, момента и тока электродвигателя при прямом пуске ЯШЛ вследствие изменения нагрузочного момента.

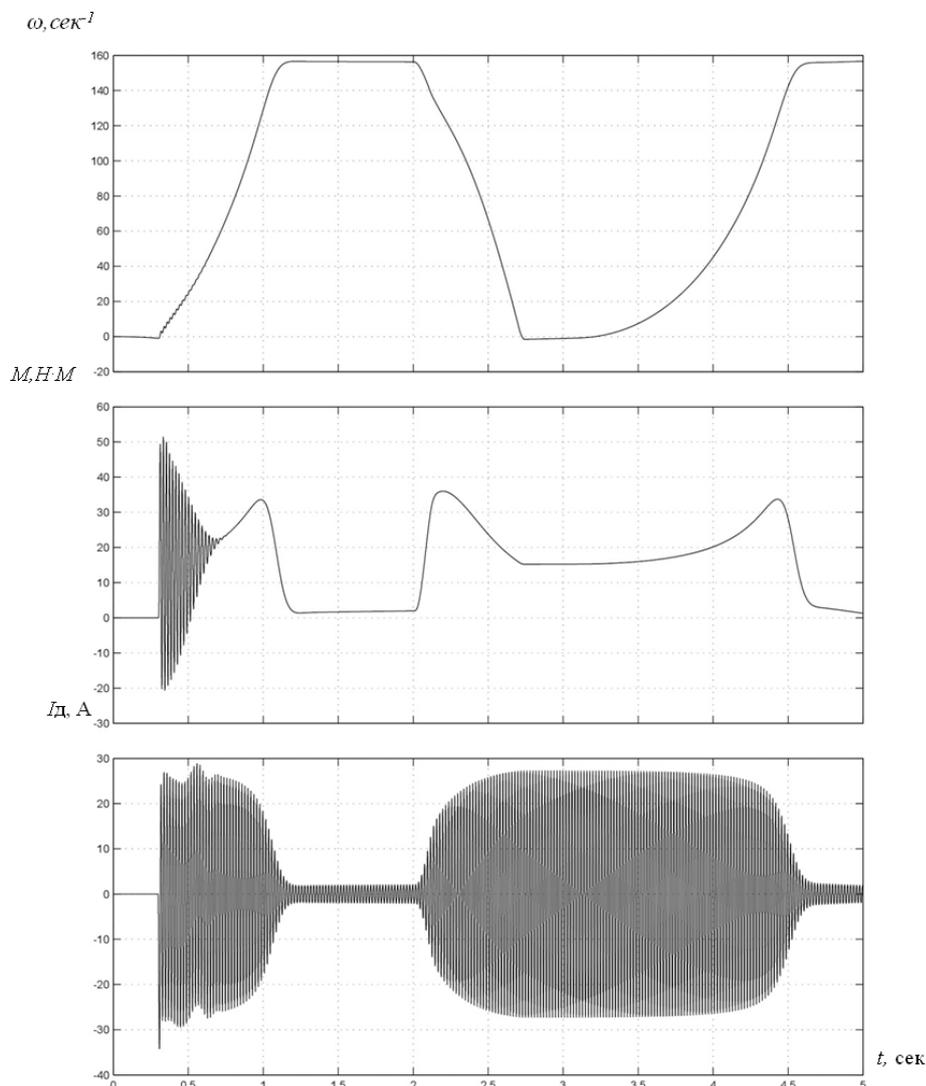


Рисунок 2 – Осциллограммы скорости вращения, момента и тока двигателя при пуске электродвигателя якорно-швартовойной лебедки без согласующего трансформатора

Подключение электродвигателя ЯШМ к судовой сети происходит в момент времени равный 0,3 сек. при этом начинается его разгон до номинальной скорости с малым моментом на валу, что соответствует выбору слабины якорной цепи. Номинальная скорость достигается через 0,7 сек. после подключения. Отрыв якоря от грунта начинается на 2 сек. моделирования, при этом скорость вращения снижается до нуля за 0,7 сек. Время стоянки под током с 2,7 до 3,2 сек. далее происходит отрыв и подъем якоря. Переходный процесс по скорости заканчивается через 4,6 сек после старта.

Продолжительность переходного процесса пуска электродвигателя ЯШЛ составляет 1,3 сек. При загрузке двигателя до полной остановки ток в течении 0,5 сек. возрастает до

значения пускового и сохраняется неизменным до момента начала разгона двигателя (3 сек.).

В режиме стоянки ЭД под током, его момент находится на уровне пусковых значений (см. Рисунок 2), время остановки двигателя при набросе нагрузки, характеризующей отрыв якоря от грунта, составляет 0,7 сек, а время разгона после снятия этой нагрузки – 1,2 сек.

Представленная модель показывает, каким образом протекают процессы, происходящие в электродвигателе и генераторе, и могут быть использованы для сравнения переходных параметров при пуске двигателя через согласующий трансфор ЯШЛ.

В модели для исследования пуска от согласующего трансформатора (см. Рисунок 1, б) в схему включен повышающий трансформатор 220/380 мощностью 2,5 кВА. Предварительная загрузка генератора мощностью 60 кВА выполнена точно также, как и в предыдущей модели. Исключением является значение напряжения питания электродвигателя равное 380 В. Последовательность моделирования также имеет отличие, заключающееся в последовательном включении постоянной нагрузки, трансформатора и электродвигателя. Результаты моделирования показаны на Рисунках 3 и 4.

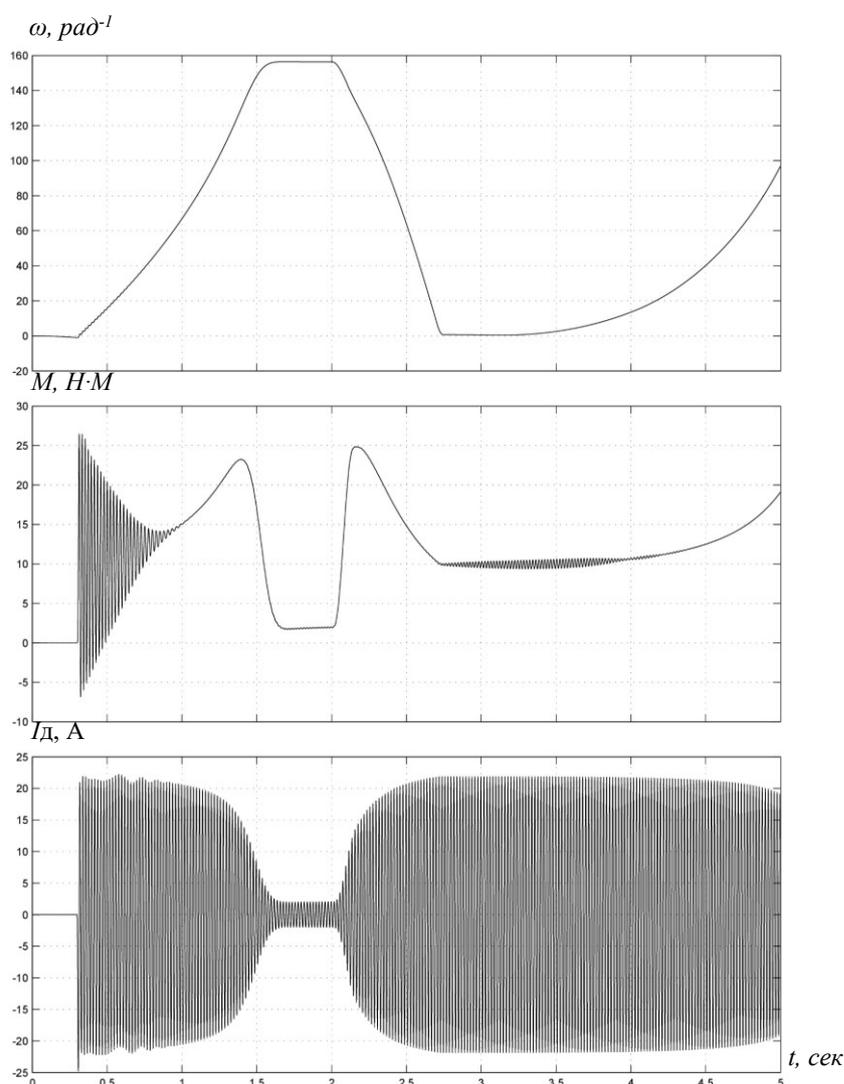


Рисунок 3 – Осциллограммы скорости вращения, момента и тока электродвигателя ЯШЛ через согласующий трансформатор

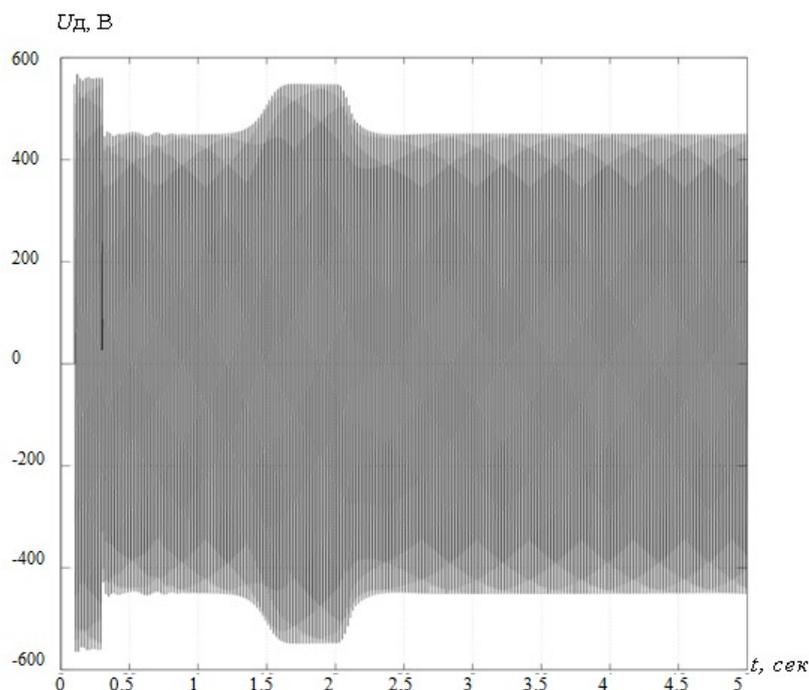


Рисунок 4 – Осциллограммы напряжения двигателя при пуске электродвигателя ЯШЛ через согласующий трансформатор

На осциллограммах переходных процессов (см. Рисунок 3) момент электродвигателя снижается более интенсивно, по сравнению с прямым пуском, увеличивая время разгона при пуске двигателя. Снижение момента объясняется падением напряжения на выходе трансформатора (см. Рисунок 4) (на 18 % от номинального), а также вследствие влияния внешней характеристики трансформатора в период приложения нагрузки к валу электродвигателя, поэтому затягивается время переходных процессов пуска двигателя.

Исходя из анализа диаграмм при пуске электродвигателя двух моделей с трансформатором и без него, можно определить, что для получения моментов, обеспечивающих требуемое время разгона и восстановления скорости двигателя, необходимо увеличить установленную мощность трансформатора.

В целом можно отметить, что представленные модели ведут себя адекватно по отношению к реальным процессам, происходящим при пуске ЯШЛ, и их можно использовать для исследования с целью определения соотношений установленных мощностей ЭО ЯШЛ.

Список литературы:

1. Савенко А.Е. Судовые электроприводы: учеб. пособие / А.Е. Савенко; ФГБОУВО «Керченский государственный морской технологический университет». – Керчь, 2019. – 220 с.
2. Каталог ООО «Русэлпром. Электрические Машины». – URL: <https://www.ruselprom.ru/support/informatsionnye-materialy/tekhnicheskaya-dokumentatsiya/> (дата обращения: 20.05.2024)
3. Справочник судового электротехника. Том 2. Судовое электрооборудование / Под ред. Г.И. Китаенко – Л.: Судостроение, 1980. – 624 с.
4. Имитационная модель пусковой установки по системе трансформатор-асинхронный двигатель от судовой электростанции / Попов С.В., Бурмакин О.А., Малышев Ю.С., Международный научно-промышленный форум Н. Новгород – Новосибирск. Транспорт.

Горизонты развития. 2022. – URL: <https://www.transporthorizont.ru/> (дата обращения: 20.05.2024)

