



International Science Group

ISG-KONF.COM

XII

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE**

"TOPICAL TENDENCIES OF SCIENCE AND PRACTICE"

**Edmonton, Canada
December 07-10, 2021**

ISBN 978-1-68564-521-2

DOI 10.46299/ISG.2021.II.XII

TOPICAL TENDENCIES OF SCIENCE AND PRACTICE

Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference

Edmonton, Canada
December 07 – 10, 2021

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЧЕРПНОСТІ ОПИСАННЯ МОДЕЛЕЙ ТИПОВИХ СУДОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Пальчиков Олег Олегович,

кандидат технічних наук,
доцент кафедри суднових
електроенергетичних систем
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Подимака Валерій Іванович

кандидат технічних наук,
доцент кафедри суднових
електроенергетичних систем
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова

Темнов Євген Олегович,

магістрант, студент VI курсу
Херсонського філіалу Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова

Герасімов Андрій Сергійович,

магістрант, студент VI курсу
Херсонського філіалу Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова

Дацковський Дмитро Віталійович,

магістрант, студент VI курсу
Херсонського філіалу Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова

Електроприводи з вентиляторною характеристикою складають 50...80 % усієї встановленої потужності суднових споживачів електроенергії. Обов'язково на судні будуть лебідки того чи іншого призначення, зокрема і швартовні. Тому правильна розробка і експлуатація цих електроприводів запорука належного виконання судном його функцій. Однак, в літературі [1...6] існують різні підходи до описання процесів в електроприводі.

Ціль роботи: визначити вплив повноти моделі типових судових електроприводів на їх показники.

Розглянемо запропоновані математичні моделі суднових електроприводів для димососа машинного відділення, швартовного пристрою, радіального вентилятора системи життєзабезпечення різного ступеню повноти.

Модель електропривода димососа (рис. 1) для суднового машинного відділення виконана у аналоговому наближенні і складається з лінеаризованої моделі асинхронного двигуна (АД), блоку розрахунку кутової швидкості, моделі радіального вентилятора, моделі перетворювача частоти з ланкою постійного струму і широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), а також з зворотніх зв'язків за швидкістю і моментом. Перетворювач частоти представлений сукупністю пропорційних ланок. Інерційністю зворотніх зв'язків нехтується. Модель двигуна – аперіодична ланка, у чисельнику якої знаходиться модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики, а постійна часу в знаменнику являє собою електромагнітну постійну часу при номінальній частоті мережі.

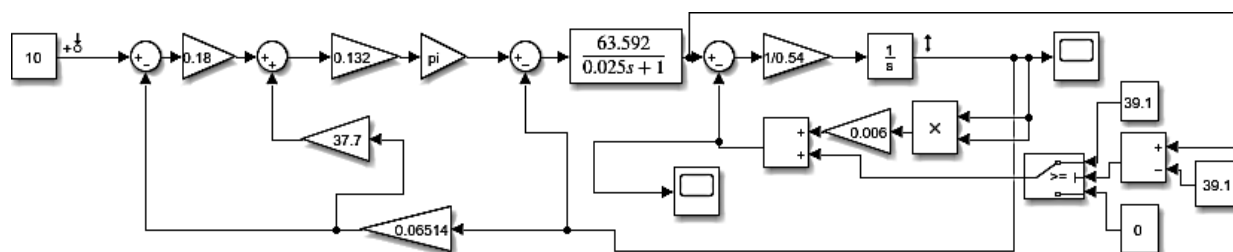


Рис. 1. Математична модель електропривода димососа в MatLab

Модель вентилятора реалізовує момент опору від сил тертя і складову, що квадратично залежить від кутової швидкості. Коли в механічне рівняння електроприводу подається момент навантаження з постійною складовою математично двигун буде розгортатися в бік протилежний його нормальному обертанню, а це для ряду приводів, в тому числі і для цього протирічить дійсності. Тому модель вентилятора, яка представлена на рис. 2, фізично правильно моделює процес запуску привода.

Загалом модель електропривода швартовного пристрою з контакторно-частотною системою керування на базі двохшвидкісного АД (рис. 2) складається з трьох моделей для ручного режиму керування швартовною лебідкою, а саме для АД з кількістю полюсів $2p = 4$ і $2p = 12$ при живленні від судової електромережі з частотою 50 Гц, і АД з $2p = 12$ при живленні від безпосереднього перетворювача частоти з частотою 16 Гц.

При автоматичній роботі швартовна лебідка має підтримувати номінальний натяг і АД з $2p = 12$ при живленні від безпосереднього перетворювача частоти з частотою 6 Гц. Було запропоновано лише моделі для ручного режиму керування лебідкою. Одна з яких представлена на рис. 3. Ця модель складається з моделі асинхронного двигуна, яка містить 6 рівнянь (чотири рівняння балансу напруг статора і ротора в вісях d і q , рівнянь електромагнітного моменту і механіки) з постійними коефіцієнтами, блоків розрахунку зміни довжини канату і моменту навантаження, а також джерела трьохфазної напруги, яке представляє або мережу, або безпосередній перетворювач частоти.

До недоліків моделі АД з короткозамкненим двигуном, що використовується в Matlab, можна віднести – не врахування втрат в магнітопроводі (призводить до збільшення коефіцієнта корисної дії і збільшенні

моменту при номінальному струмі), а також зміна параметрів двигуна при зміні його режиму роботи викликані поверхневим ефектом, вищими гармоніками, зміною магнітного потоку (що правда модель може враховувати зміну головного індуктивного опору, якщо відома крива намагнічення) і температури.

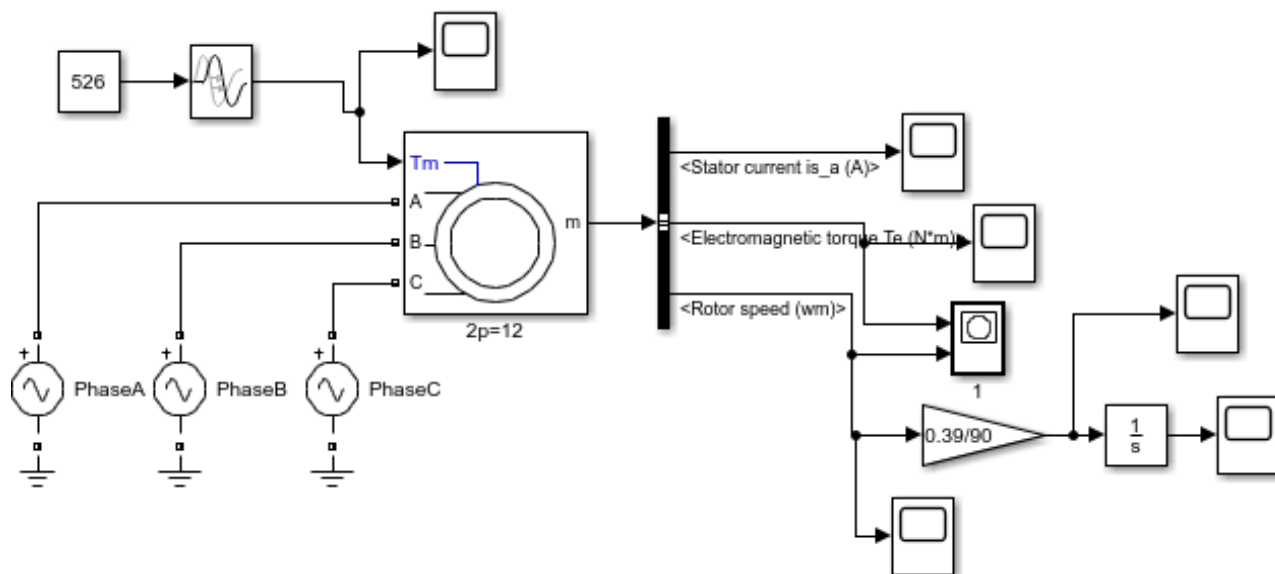
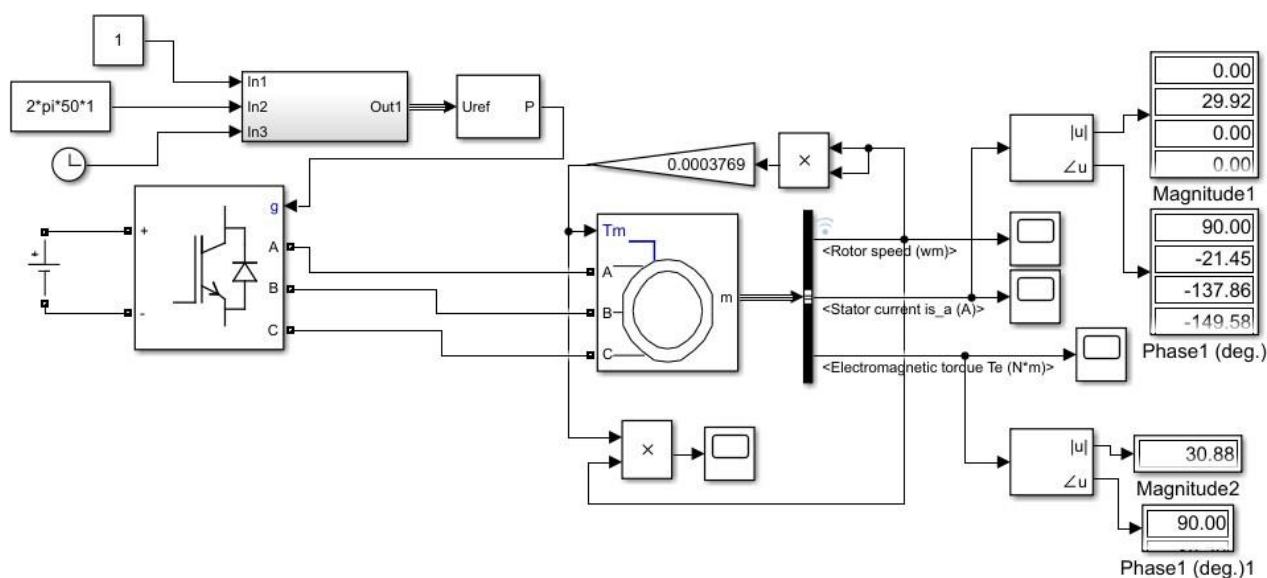
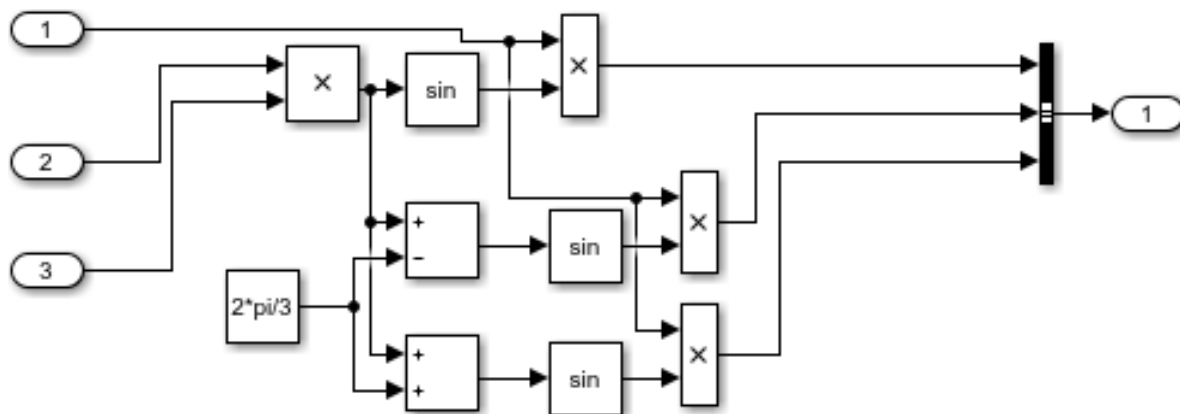


Рис. 2. Математична модель електропривода швартовної лебідки при вибиранні канату в MatLab



a



б

Рис. 3. Математична модель електропривода радіального вентилятора системи життєзабезпечення (а), та елемент системи керування ШІМ (б) в MatLab

Модель електропривода радіального вентилятора (рис. 3) з моделі АД аналогічної моделі асинхронного двигуна попереднього електропривода швартовної лебідки, моделі інвертора напруги з двоохрівневою ШІМ, ідеалізованого некерованого випрямляча з LC-фільтром представленого джерелом постійної напруги, моделі радіального вентилятора з параболічною характеристикою, блоків гармонічного аналізу струма і моменту двигуна. При моделюванні електропривода вплив снаберів автономного інвертора напруги не враховувався через значно збільшений час розв'язку моделі, а також через незначний їх вплив на криві струму і моменту.

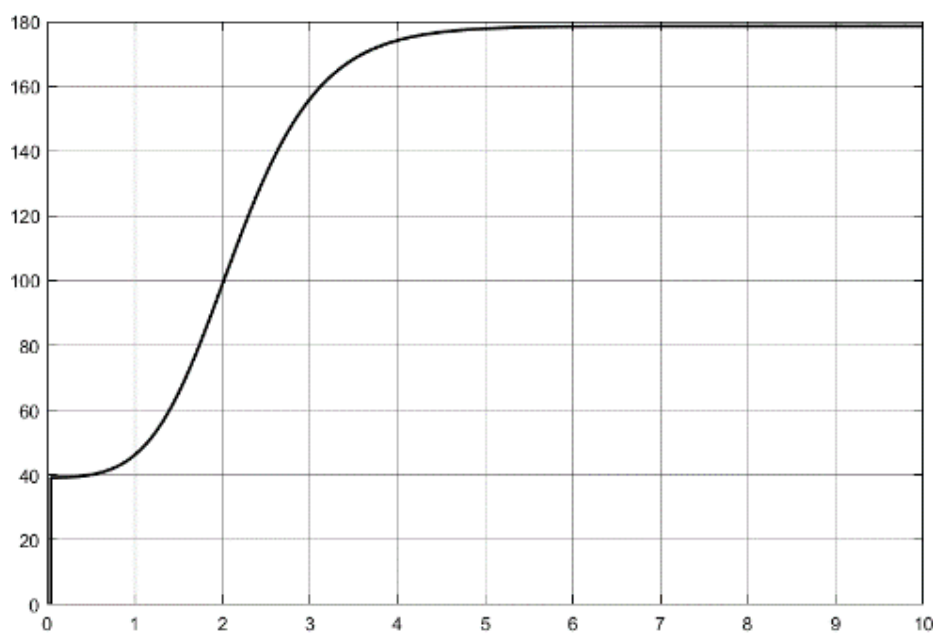


Рис. 4. Перехідний процес за моментом визначений на основі моделі електроприводу димососа

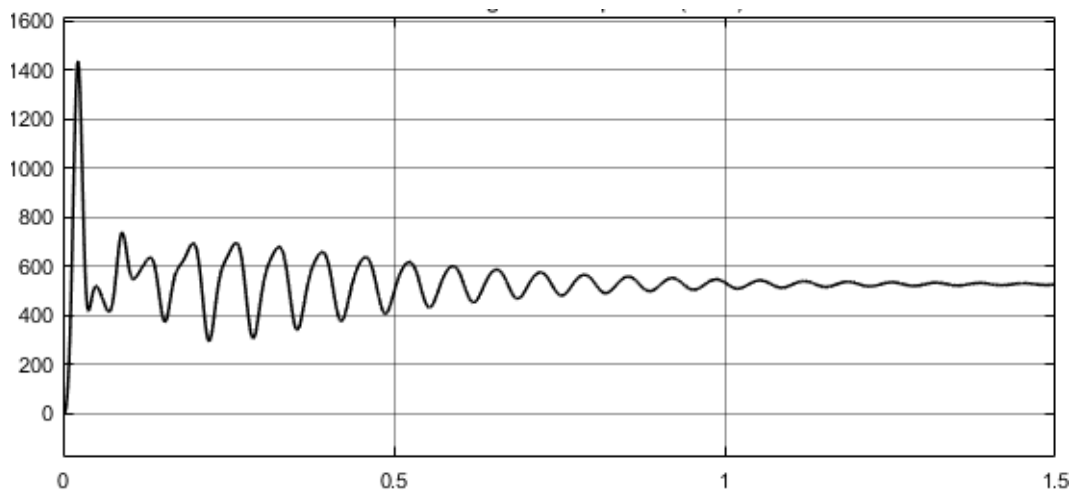


Рис. 5. Перехідний процес за моментом визначений на основі моделі електроприводу швартовної лебідки

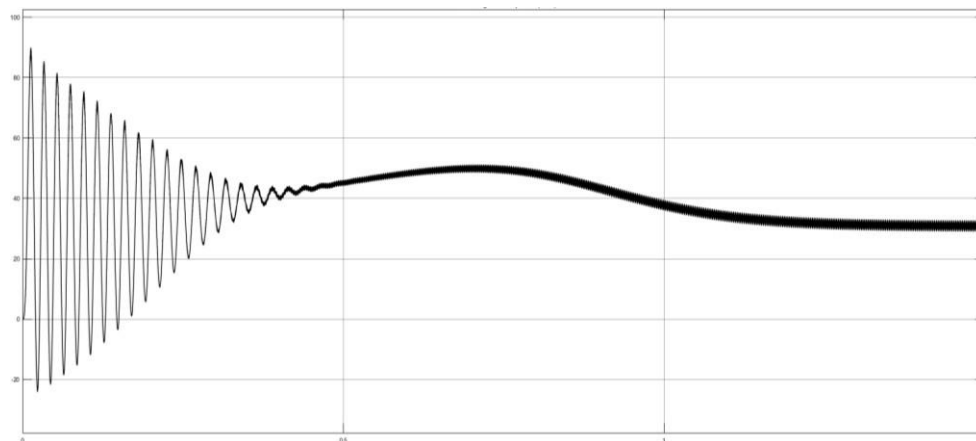


Рис. 6. Перехідний процес за моментом визначений на основі моделі електроприводу радіального вентилятора

Модель електропривода радіального вентилятора (рис. 3) з моделі АД аналогічної моделі асинхронного двигуна попереднього електропривода швартовної лебідки, моделі інвертора напруги з двохрівневою ШІМ, ідеалізованого некерованого випрямляча з LC-фільтром представленого джерелом постійної напруги, моделі радіального вентилятора з параболічною характеристикою, блоків гармонічного аналізу струму і моменту двигуна. При моделюванні електропривода вплив снабберів автономного інвертора напруги не враховувався через значно збільшений час розв'язку моделі, а також через незначний їх вплив на криві струму і моменту.

Дослідивши перехідні процеси за вихідними координатами моментом (приклади наведені на рис. 4, рис. 5 та рис. 6) і кутовою швидкістю розглянутих електроприводів можна бачити, що коливальність повністю відсутня в першій моделі, в другій значно більша і найбільша в третій, яка ще до того ж залежить від несучої частоти ШІМ. Отже при збільшенні повноти моделі електроприводу змінюються вихідні координати і змінюються його характеристики. Ступінь повноти моделі має відповідати проектному завданню або дослідженню. Будь-які спрощення повинні бути обґрунтовані, однак і напрооти модель, що враховує

набагато більше явищ ніж необхідно, буде довше розраховуватися і розглядаєме явище може бути складно виокремити.

Висновки: основними джерелами коливальності в електроприводі є АД і перетворювач частоти, а вплив зворотніх зв'язків на коливальність залежить від їх налаштування і в принципі може бути нівельованим.

Список літератури

1. Geertsma R.D., Negenborn R.R., Visser K, Hopman J.J. Parallel control for hybrid propulsion of multifunction ships. *20th IFAC World Congress*, Vol. 50, Issue 1, July 2017, pp. 2296-2303. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.229>
2. Apsley J.M., Gonzalez Villasenor A., Barnes; M., Smith A.C., Williamson S. et al. Propulsion drive models for full electric marine propulsion systems. *IEEE International Electric Machines & Drives Conference*, 2007, pp. 118-123, doi: 10.1109/IEMDC.2007.383563.
3. Kostiuchko S., Kuzmych O., Aitouche A., Grinyuk S., Mekush O. Application of parametric sensitivity method to analysis of automatic mooring winch with Electric drive system. *2019 4th Conference on Control and Fault Tolerant Systems (SysTol)*, IEEE Xplore: 14 October 2019, pp. 294-299. doi:10.1109/SYSTOL.2019.8864751
4. Chupina K. V. , Khannanov A. M., Usoltsev V. K. Numerical simulation and control loop optimization of the electric heave compensation system for the ship crane. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 2032, International Conference on IT in Business and Industry (ITBI 2021) 12-14 May 2021, pp. 1-6. doi:10.1088/1742-6596/2032/1/012056
5. Auernig J.W., Troger H. Time optimal control of overhead cranes with hoisting of the load. *Automatica*, Vol. 23, Issue 4, July 1987, pp. 437-447. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(87\)90073-2](https://doi.org/10.1016/0005-1098(87)90073-2)
6. Budashko V.V. Increasing control's efficiency for the ship's two-mass electric drive. TWO-MASS ELECTRIC DRIVE. *Electrical Engineering & Electromechanics*, Vol. 2016, n. 4, 2016, pp. 34-42(9). <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2016.4.05>