

САМООРГАНІЗУЮЧІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СУДНОВИМИ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.

Херсонська державна морська академія

У цій статті розглянута сучасна модель системи управління судновими технічними засобами, описані вимоги до таких систем. У роботі проведено аналіз математичної моделі, яка дозволяє визначати похибки вимірювання векторів трифазної напруги високовольтного електроенергетичного обладнання та направлена на підвищення ефективності та конкурентоспроможності суден нового покоління. Зазначено, що, згідно поставлених вимог, сучасні системи управління СТЗ мають бути адаптивними з високим рівнем штучного інтелекту – системи управління, що самоорганізуються. Як висновок, зазначено, що доцільно використовувати комбінований підхід до побудови систем управління СТЗ з урахуванням того, що ядром системи є адаптивний модуль.

Ключові слова: simlink, генератор, система управління, що само організується, ідентифікація, модель, програмований логічний контролер, перехідний процес, закон регулювання.

Вступ. Розробка автоматизованих суднових технічних засобів (СТЗ) з оптимальними характеристиками означає підвищення їх конкурентоспроможності, збільшення продуктивності обладнання, зниження паливних і енергетичних витрат, економію металу, сировини й інших матеріальних ресурсів. Упровадження ефективних автоматизованих СТЗ дозволить істотно підвищити безпеку мореплавання, понизити експлуатаційні витрати, скоротити чисельність суднових екіпажів і підвищити провізну здатність судів.

Розробка математичних моделей (ММ) [1] для більшості СТЗ, включаючи вказані, як об'єкти управління звичайно здійснюється з великими спрощеннями, зокрема, використовуються моделі стаціонарні, лінійні, низької розмірності. Фактично ж ці об'єкти є нестационарними, істотно нелінійними і повинні описуватися рівняннями високої розмірності. Для розробки систем управління цими об'єктами використовуються методи класичної, а не сучасної теорії управління. Цією задачею займалися Одинаев В. А. [1], Субботін С. О. [2, 3], Олійник А. О., Касимов Н. Н. [4], Галушкін А. І. [5], Новосельцев В. Б. [6], Liu С.-Н., Баранов А. П. [8], Раїмов М. М. [8], Портнягин Н. Н. [9].

Постановка задачі. Для сучасних СТЗ характерні безперервні технологічні процеси великої потужності зі складними комплексами енергетичних і матеріальних потоків із жорсткими вимогами до сукупності характеристик, які витікають із загального цільового призначення судна, задовольнити які, спираючись тільки на конструктивні, технологічні й організаційно-технічні методи, майже неможливі. Тому, необхідно розробити оптимальний підхід до побудови моделей систем управління СТЗ.

Об'єктом дослідження системи управління судновими технічними засобами.

Предметом дослідження є оптимізація моделей систем управління СТЗ.

Результати дослідження. Експлуатаційні діапазони зміни характеристик сучасних і особливо перспективних СТЗ настільки широкі, що управління ними за допомогою традиційних систем стає все більш скрутним. Проектування та випробування таких систем управління затягуються, і номенклатура їх збільшується. Таким чином, об'єкти управління неухильно ускладнюються, а час, що відводиться на розробку систем управління цими об'єктами, скорочується. Посилюються вимоги до забезпечення працездатності систем управління в нештатних ситуаціях, їх універсальності, модульної побудови, надійності, безпеці, зниженню вартості апаратури.

Підвищення небезпеки техногенних і природних катастроф пред'являє до сучасних засобів автоматизації додаткові вимоги. Судновий персонал, обслуговуючий складні управляючі комплекси, не відразу знаходить рішення в нештатних, аварійних, катастрофічних ситуаціях, допускає фатальні помилки. У цих ситуаціях необхідна

комп'ютерна підтримка і тимчасова заміна людського інтелекту штучним.

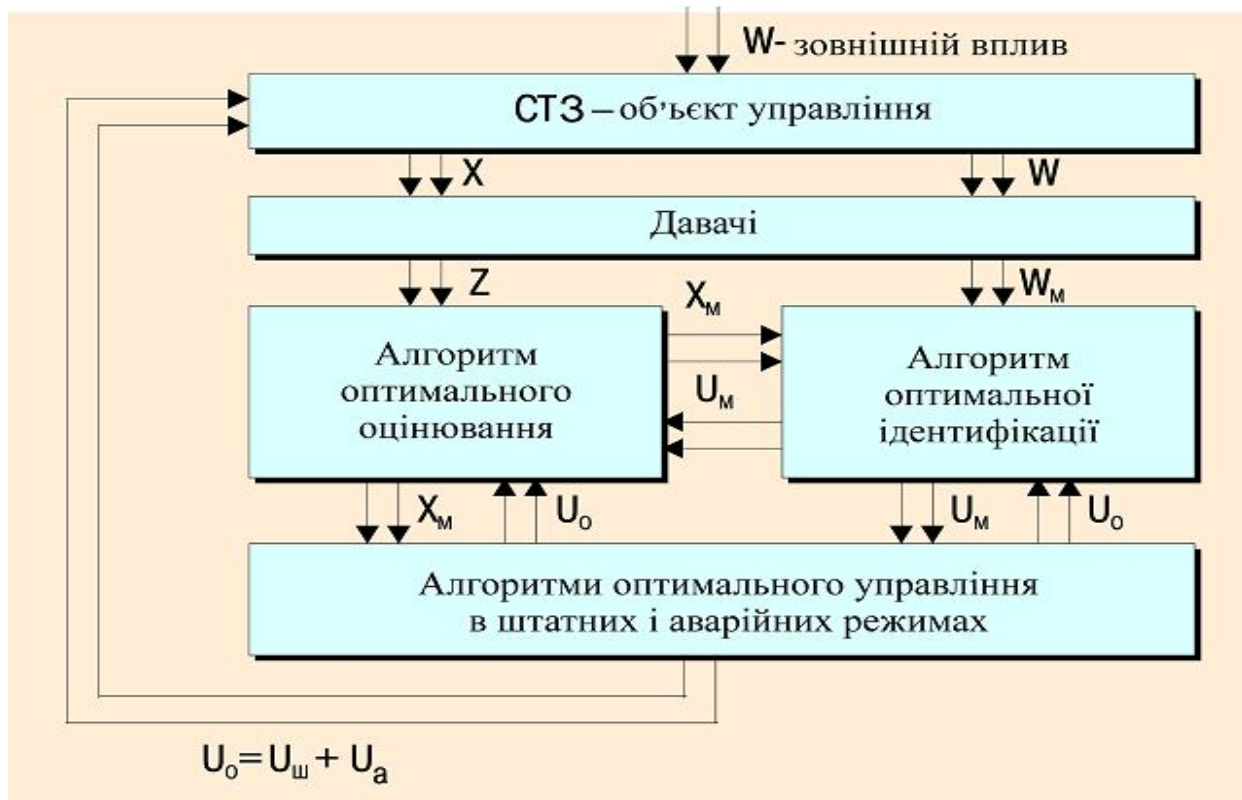


Рисунок 1 – Схема перспективної оптимальної адаптивної системи управління судновими технічними засобами

Відповідно до положень сучасної теорії управління структурна схема системи управління нового покоління повинна мати наступний вигляд (рис. 1) [2]. Прийняті позначення: X – внутрішні змінні стану об'єкту управління, Z – контрольовані змінні стану об'єкту управління, U – управління, індекси o , $ш$, a , m – відповідно «оптимальне управління», «оптимальне управління в штатному режимі», «оптимальне управління в аварійному режимі», «змінні моделі». Такі системи управління СТЗ створені з використанням алгоритмів оптимального оцінювання, ідентифікації та управління об'єктом у штатних і аварійних режимах, є більш високоякісними в порівнянні з традиційними, дозволяють більш обґрунтовано використовувати програмовані контролери для реалізації достатньо складних алгоритмів.

Можливі самі різні реалізації систем управління СТЗ із приведеною структурною схемою залежно від алгоритмів оптимальних процедур оцінювання, ідентифікації та управління, що використовуються.

Проте доцільне їх формування погоджувати як з сучасними загальними вимогами до систем управління, так і із специфічними вимогами, викладеними вище.

До основних з цих вимог відносяться наступні:

- мінімум необхідної апріорної інформації не тільки про параметри, але і про структуру моделі керованого об'єкту та зовнішніх дій;
- мінімальне втручання у природний перебіг процесу;
- наявність прогнозування керованого процесу;
- оптимальне управління відповідно до змінного комплексного критерію і обмежень, діючих на всіх етапах і у всіх режимах роботи об'єкту управління;
- наявність можливості підтримки судових операторів в ухваленні рішень і їх тимчасової заміни контуром автоматичного управління для запобігання аварій і катастроф;
- можливість реалізації на базі програмованих промислових контроллерів.

Цим вимогам, як показала практика останніх років, принципово можуть задовольняти не всі, а тільки адаптивні оптимальні системи управління з високим рівнем штучного інтелекту – системи управління, що самоорганізуються.

За допомогою Пакету Matlab/Simulink одержана математична модель у вигляді рис. 2.

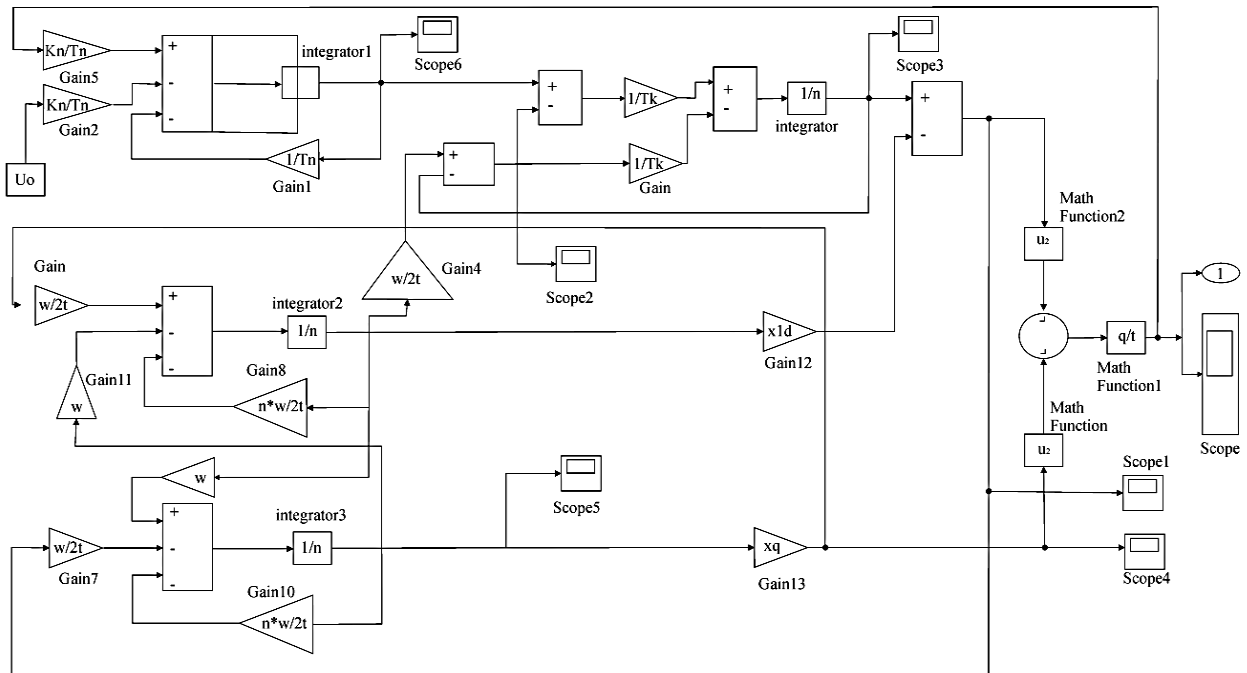


Рисунок 2 – Математична модель навантаження у програмі Simulink

Щоб одержати графіки перехідних процесів для порівняння з процедурою випробувань, необхідно вибрати деякі значення всіх коефіцієнтів постійної часу, опори і коефіцієнта посилення. Після цього можна судити про функціонування і працездатність самої системи. Обираємо для дослідження генератор типу МСС – 275–500 з такими значеннями коефіцієнтів:

$$x_d = 1,31 \quad \mu_d = 0,81 \quad x_q = 0,83 \quad n = 500 \text{ об/хвил} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60} = 52,33.$$

Так само $U_0 = 100 \text{ В}$, $r_n = 0,35$, $x_n = 0,60$, $T_f = 1,80$, $T_n = 1,20$, $K_n = 2,20$, одержуємо результат математичного моделювання у вигляді кривої перехідного процесу системи (рис. 3).

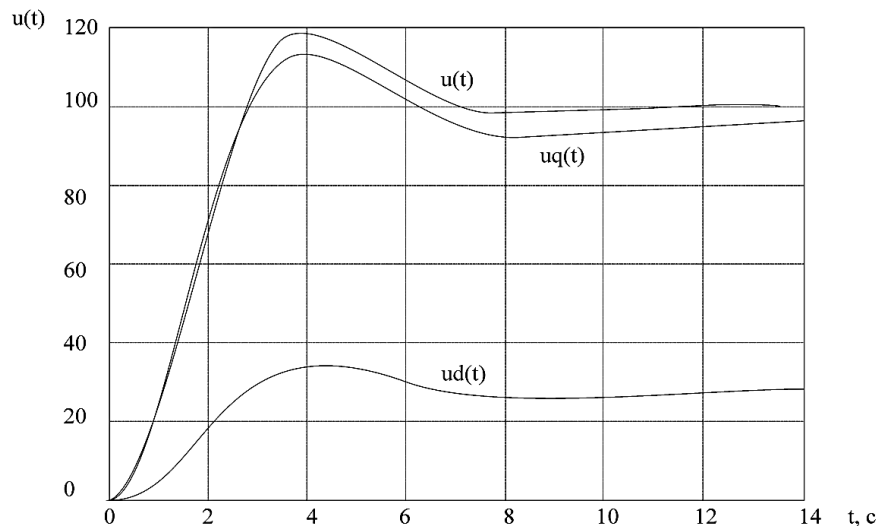


Рисунок 3 – Крива перехідного процесу напруги генератора при моделюванні

Із графіка видно, що загальний час відновлення до уставки напруги (100 В) дуже довгий (12 с) і максимальне відхилення біля 20 %. Це неприпустимо, так як на практиці через високий коефіцієнт перерегулювання може привести до пошкодження або виходу з ладу електрообладнання.

Щоб уникнути аварійної ситуації електрообладнання, необхідно «оптимізувати» роботу генератора з постачанням регулятора напруги. Для цього доцільно використовувати метод оптимізації.

Оптимізувати роботу генератора, тобто за допомогою математичної моделі одержати такий, так званої «оптимальним перехідним процесом» з коротким часом відновлення та меншою долею перерегулювання, шляхом налагодження коефіцієнтів. Очевидно, що генератор створений за своїми технічними даними (параметрами), а сама апаратура (регулятор напруги) окремо виготовлен від «об'єкту» управління (генератора). Таким чином, впливати на параметри (або конструкції) генератора ми не можемо, навантаження генератора задано та залишається тільки задача набудувати значення коефіцієнтів регулятора напруги, в цьому випадку K_n і T_n .

За допомогою методів оптимізації видно, що для постійної часу T_n самий оптимальний діапазон від 0,3 с до 0,6 с, а для коефіцієнта посилення регулятора K_n – від 2,2 до 2,6. Для прикладу покажемо один випадок неоптимальний і один найоптимальніший графік (рис. 3).

Із рис. 3 видно, що тільки через 3 с напруга генератора без коливань перетворюється в уставку регулятора по напрузі U_0 . Задача оптимізації напруги генератора вдало вирішена.

Проведені дослідження показали відповідність цієї системи сучасним вимогам, що пред'являються, це оптимальна система, яка самоорганізовується [2, 4], задовольняє вимогам мінімальної необхідної апріорної інформації про структуру, параметри регульованого об'єкту, збудження та навколишнє середовище. Сам принцип дії системи сприяє швидкій адаптації до зміни режиму і структури регульованого об'єкту.

Проектування системи, її налаштування при експлуатації не вимагають наявності математичної моделі об'єкту.

Інша з основних сучасних вимог, що пред'являються до більшості систем автоматичного й автоматизованого управління (САУ) технологічними процесами і рухомими об'єктами, полягає в мінімальному втручанні у природний вільний рух об'єкту, принаймні, в штатних режимах останнього. Це забезпечується використанням алгоритму формування оптимального управління відповідно до інтегрального квадратичного критерію. Мінімізація інтегрального квадратичного критерію нерозривний пов'язана з прогнозуванням, екстраполяцією. Як показують численні приклади, управління в живій природі, прогнозування, екстраполяція є необхідна умова робастності. Система має нагоду швидкої самоорганізації контурів управління в умовах аварійних нештатних ситуацій. Ця можливість і підтримка операторів при ухваленні рішень і їх тимчасова заміна контуром автоматичного управління системи можуть грати дуже важливу роль у запобіганні аварій і катастроф. Алгоритми, що використовуються, сприяють відносній простоті програмного забезпечення системи та надають можливість його мікропроцесорної реалізації на промислових контролерах.

Для складних технологічних об'єктів заміна традиційних систем автоматичного управління постійної настройки з ПД-законами системами нового класу приведе, як мінімум, до двох важливих наслідків [6, 7]:

1) вплив чинників, що порушують задані технологічні процеси, парируватиметься цією системою регуляторів до меж, відведених управляючим діям;

2) поточні й екстраполюються порушення регульованих технологічних процесів можуть практично миттєво передаватися на інформаційне поле оператора або автомати захисту. Блоки оцінювання (спостерігачі) даних систем можуть випускатися і застосовуватися окремо як прогнозаторів небезпечних режимів, що видають сигнали на

відповідні дисплеї або пристрої для подальшого використання. Ця обставина дозволяє створювати крім систем регулювання системи контролю, діагностики, автоматичної сигналізації і аварійного захисту СТЗ принципово нового типу та відмінні від існуючих підвищеною ефективністю.

На завершення викладу переваг систем управління, що самоорганізуються, слід зазначити, що вони можуть поставлятися у вигляді пристроїв, орієнтованих як на конкретні нові об'єкти управління, так і як блоки самоналаштування на об'єкти управління з традиційними регуляторами.

Такі самоналаштовані системи доцільно використовувати на судах в першу чергу в найвідповідальніших системах управління, що забезпечують управління рухом судна, пропульсивними установками, допоміжними механізмами, електростанціями.

Звернемося, наприклад, до особливостей систем автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи. Від їх якості та надійності у значній мірі залежить безпека мореплавання, а також техніко-економічні показники ефективності експлуатації судів. Судно, як об'єкт системи автоматичного управління, є складною ланкою, що складається з корпусу судна, керма і навколишнього його середовища. Точний математичний опис [1] такої ланки зустрічає великі труднощі, а одержувані при цьому нелінійні рівняння надзвичайно складні. При цьому електричні коефіцієнти рівнянь значно змінюються зі зміною навантаження судна, тобто судно є нелінійним нестационарним об'єктом. Тому на практиці для синтезу систем автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи використовують спрощені лінійні стаціонарні математичні моделі об'єкту, коефіцієнти яких при різних варіантах навантаження і швидкостях ходу розрізняються на порядок і вище. Традиційним законом управління є ПД-закон [1].

Одним з основних напрямів рішення цієї проблеми було створення автономних адаптивних систем автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи, яка забезпечує в більшості випадків автоматичну настройку параметрів (параметричну адаптацію) системи при зміні стану об'єкту управління та зовнішніх умов плавання (швидкості ходу, осідання судна, стани погоди, глибини під кілем). Досвід експлуатації таких адаптивних систем підтвердив підвищення їх техніко-економічної ефективності в порівнянні з традиційними системами. Проте вживання адаптивних систем дозволило лише частково розв'язати проблему, оскільки потенційні можливості параметричної адаптації обмежені. У даному випадку, у зв'язку з вказаними особливостями судна як об'єкту управління системи автоматичного управління безпекою суднової електроенергетичної системи, для повного вирішення проблеми потрібне використання структурної і параметричної адаптації, яка не пов'язана з математичною моделлю об'єкта та реалізується алгоритмами системи управління, що самоорганізується. Проведені дослідження підтвердили такі можливості системи управління, що самоорганізується [3]. Приведений приклад є типовим.

Висновок. Комплексний розгляд можливостей і переваг систем управління СТЗ, що самоорганізуються, дає підставу для ствердження, що пропонувані підхід до вдосконалення засобів автоматизації різного призначення (регулювання, контролю, сигналізації, захисту і ін.) судовими технічними засобами є перспективним.

Системи, що здатні самоорганізуватись, доцільно використовувати в судовій галузі на тих ділянках, де є постійна зміна параметрів та необхідність швидкого регулювання системи управління, за умови достатньої швидкодії останньої.

Для реалізації описаного підходу необхідні точні математичні моделі об'єктів управління, це викликає певні труднощі та підстави до роздумів і подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Одинаев В. А. Математическая модель пространства состояний судовой электроэнергетической системы. Принятие оперативных решений / В. А. Одинаев // Судостроение. – 2003. – № 5. – С. 42-44.
2. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень / С. О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с.
3. Субботін С. О. Ітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей : монографія / С. О. Субботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник : під заг. ред. С. О. Субботіна. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. – 375 с.
4. Виноградова С. С. Применение нейросетевых технологий с целью оптимизации управления судостроительным предприятием (на примере Астраханского региона) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология / С. С. Виноградова, Н. Н. Касимов. – 2011. – № 2. – С. 20-27.
5. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории / А. И. Галушкин. – Телеком, 2010. – 496 с.
6. Аксенов С. В. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / С. В. Аксенов, В. Б. Новосельцев : под общ. ред. В. Б. Новосельцева. – Томск : Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.
7. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учеб. пособие / Г. Э. Яхьяева. – М. : Интернет-Университет информ. технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 315 с.
8. Баранов А. П. Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации : учебник для вузов / А. П. Баранов, М. М. Раимов. – СПб. : Элмор, 1997. – 232 с.
9. Труднев С. Ю. Разработка цифровых моделей режимных свойств для исследования динамической устойчивости судовой электроэнергетической системы / С. Ю. Труднев, Н. Н. Портнягин // Вестник КамчатГТУ. – 2012. – № 20. – С. 37-40.
10. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB Simulink PowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.

REFERENCES

1. Odinaev V. A. Matematicheskaya modelj prostranstva sostoyaniyj sudovoyj ehlektroehnergeticheskoyj sistemih. Prinyatie operativnihkh resheniyj / V. A. Odinaev // Sudostroenie. – 2003. – № 5. – S. 42-44.
2. Subbotin S. O. Podannya yj obrobkaznanj u sistemakh shtuchnogointelektu ta pidtrimkipriyjniyattiarishenj / S. O. Subbotin. – Zaporizhzhya : ZNTU, 2008. – 341 s.
3. Subbotin S. O. Neiterativni, evolyuciyjni ta muljtiagentnimetodi sintezu nechitkologichnikh ineyjromerezhnikh modeleyj : monografiya / S. O. Subbotin, A. O. Oliyjnuk, O. O. Oliyjnuk : pid zag. red. S. O. Subbotina. – Zaporizhzhya : ZNTU, 2009. – 375 s.
4. Vinogradova S. S. Primenenie neyjrosetevihkh tekhnologiyj s celjyu optimizaciiupravleniya sudostroiteljnihm predpriyatiem (na primere Astrakhanskogo regiona) // Vestn. Astrakhan.gos. tekhn. un-ta. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya / S. S. Vinogradova, N. N. Kasimov. – 2011. – № 2. – S. 20-27.
5. Galushkin A. I. Neyjronnihe seti: osnovih teorii / A. I. Galushkin. – Telekom, 2010. – 496 s.
6. Aksenov S. V. Organizaciya i ispoljzovanie neyjronnihkh seteyj (metodih i tekhnologij) / S. V. Aksenov, V. B. Novoseljcev : pod obth.red. V. B. Novoseljceva. – Tomsk : Izd-vo NTL, 2006. – 128 s.
7. Yakhjhyaeva G. Eh. Nechetkie mnozhestva i neyjronnihe seti : ucheb.posobie / G. Eh. Yakhjhyaeva. – M. : Internet-Universitetinform. tekhnologiyj; BINOM. Laboratoriya znaniyj, 2006. – 315 s.

8. Baranov A. P. Modelirovanie sudovogo ehlektrooborudovaniya i sredstv avtomatizacii : uchebnyk dlya vuzov / A. P. Baranov, M. M. Raimov. – SPb. : Ehlmor, 1997. – 232 s.
9. Trudnev S. Yu. Razrabotka cifrovihkh modeleyj rezhimnihkh svoystv dlya issledovaniya dinamicheskoyj ustoyjchivosti sudovoyj ehlektroehnergeticheskoyj sistemih / S. Yu. Trudnev, N. N. Portnyagin // Vestnik KamchatGTU. – 2012. – № 20. – S. 37-40.
10. Chernihkh I. V. Modelirovanie ehlektrotekhnicheskikh ustrojstv v MATLAB Simulink PowerSystems i Simulink / I. V. Chernihkh. – M. : DMK Press; SPb. : Piter, 2008. – 288 s.

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А. САМООРГАНІЗУЮЩІЕСЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СУДОВИМИ ТЕХНІЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

В этой статье рассмотрена современная модель системы управления судовыми техническими средствами, описаны требования к таким системам. В работе проведен анализ математической модели, которая позволяет определять погрешности измерения векторов трехфазного напряжения высоковольтного электроэнергетического оборудования и направлена на повышение эффективности и конкурентоспособности судов нового поколения. Отмечено, что, согласно поставленным требованиям, современные системы управления СТС должны быть адаптивными с высоким уровнем искусственного интеллекта – самоорганизующиеся системы. Как вывод, указано, что целесообразно использовать комбинированный подход к построению систем управления СТС с учетом того, что ядром системы является адаптивный модуль.

Ключевые слова: Simulink, генератор, самоорганизующиеся системы, идентификация, модель, программируемый логический контроллер, переходный процесс, закон регулирования.

Dothenko G.G., Nagovskiy D.A. SELF-ORGANIZING SYSTEM OF SHIP TECHNICAL MEANS

In this article the modern management model ship technical means described requirements for such systems. The paper analyzes the mathematical model, which allows to determine the measurement error vector voltage three-phase high-voltage electric power equipment, and is aimed at improving the efficiency and competitiveness of the new generation of vehicles. It is noted that under the proposed requirements, modern warehousing management system should be adaptive with a high level of artificial intelligence - management system, well organized. In conclusion, noted that a combined approach should be used to build temporary storage management systems, taking into account the fact that the core of the system is adaptive module.

Keywords: Simulink, generator, control system, which also organized, identification, model, programmable logic controller, the transition process, the law regulation.

© Дощенко Г. Г., Наговський Д. А.

Статтю прийнято
до редакції 01.10.15