

ленні частоти струму – прямо пропорційно частоті струму. Потужність вакуум-насоса залежить нелінійно від напруги і частоти струму.

На основі проведених досліджень встановлено, що при зниженні напруги на 20 % продуктивність вакуум-насосів знижується до 3 %, а при зниженні частоти струму на 2 % – до 2 %.

Список літератури

1. Аванесов В.М. Анализ структуры потерь электрической энергии в электроустановках при отклонении напряжения от оптимального значения / В.М. Аванесов, Е.В. Садков // Энергобезопасность в документах и фактах. – 2005. – №4. – С. 19–21.

2. Електропривод / [Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.

3. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній / [Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М та ін.]; за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.

Проведено исследование влияния отклонения напряжения и частоты тока на угловую скорость и технологические характеристики вакуум-насосов. Установлены зависимости производительности и мощности вакуум-насоса от напряжения и частоты тока.

Вакуум-насос, отклонение напряжения, частота тока, электропривод, производительность, мощность.

Studies of voltage deviation and current frequency to the angular speed and technological characteristics of vacuum pumps have been conducted. The dependences of performance and capacity vacuum pump from the voltage and frequencies were established.

Vacuum pump, voltage deviation, frequency, electric drive, performance, power.

УДК 621.313

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В.С. Федорейко, доктор технічних наук

М.І.Рутило, кандидат технічних наук

І. Б.Луцик, І.С.Іскерський, інженери

***Тернопільський національний педагогічний університет
ім. В.Гнатюка***

Обґрунтовано використання імітаційного моделювання для дослідження швидкісних режимів технологічних процесів. Наведено приклади

розробки імітаційних моделей систем активного вентилявання та системи зв'язного дозування компонентів твердого біопалива, що виконані засобами Simulink пакета MatLAB і вказано особливості їх реалізації.

Імітаційне моделювання, електропривод, система керування, технологічний процес, активне вентилявання, зв'язне дозування, Simulink.

Зростання цін на енергоносії та обмежені можливості збільшення потужностей енергогенеруючих установок обумовили загострення проблеми раціоналізації енергоспоживання. Тому особливої актуальності набуває енергозбереження як найбільш дешевий і безпечний спосіб збільшення енергогенеруючих потужностей, адже відомо, що витрати на економію 1 кВт потужності в 4 – 5 разів дешевше, ніж вартість 1 кВт нововведеної потужності [1].

Аналіз проблеми управління технологічними процесами свідчить про те, що для реалізації енергоощадних швидкісних режимів роботи необхідно визначити оптимальну потужність електропривода, який зміг би забезпечити необхідну продуктивність процесу залежно від його параметрів [5].

Для дослідження та оцінки ефективності швидкісних режимів технологічних процесів, діапазон яких залежить від впливу випадкових

факторів, доцільним є використання імітаційного моделювання, яке забезпечує формальний опис логіки функціонування досліджуваного об'єкта і взаємодії окремих його складових в часі із врахуванням найістотніших причинно-наслідкових зв'язків.

Мета досліджень – визначення раціональних швидкісних режимів електропривода технологічного обладнання засобами імітаційного моделювання, що дасть змогу підвищити енергоефективність електро-технологічних комплексів.

Матеріали та методика досліджень. Основними шляхами забезпечення раціональних швидкісних режимів роботи асинхронних електроприводів є [1]:

1) зниження втрат енергії при виконанні електроприводом технологічних операцій за заданими тахограмами для тривалих режимів з повільно змінним навантаженням;

2) зміна технологічного процесу на основі переходу до досконаліших способів регулювання електропривода і параметрів цього технологічного процесу.

Реалізовувати ці завдання доцільно на основі комплексного підходу до розв'язку задач удосконалення алгоритмів керування електроприводом, методики вибору потужності двигуна, а також використання спеціальних програмно-технічних засобів, що забезпечують мінімізацію втрат енергії в електроприводі.

Основним інструментом, що забезпечує процес дослідження для вирішення вказаних проблем у комплексі є імітаційне моделювання, яке, на відміну від аналітичного способу, не вимагає однозначності обчислю-

вальної процедури для отримання точного рішення рівнянь. Імітаційний підхід дозволяє відтворити алгоритм функціонування досліджуваного об'єкта в часі при різноманітних поєднаннях значень параметрів системи і зовнішнього середовища. Це є особливо важливим у ході аналізу функціонування технологічних процесів, де відбувається взаємозв'язок біологічних та технічних параметрів.

Результати досліджень. Розробка імітаційних моделей раціональних режимів роботи електропривода потребує ідентифікації стану об'єкта та відповідної адаптації параметрів системи керування з врахуванням вимог щодо інваріантності та робастності електромеханічних систем відносно параметричних і силових збурень [5].

Такі моделі повинні визначатися повнотою, яка оцінюється можливістю різнобічного описання об'єкта, ієрархічністю, тобто здатністю до послідовного, алгоритмічного визначення закономірностей та особливостей його поведінки; комплектністю; високою продуктивністю та надійністю. Крім того, оскільки важливим є оцінка поведінки досліджуваного процесу в тій або іншій ситуації, необхідним є візуальне представлення поточних параметрів з можливістю їх корекції, не очікуючи закінчення поточного модельного експерименту. Реалізація цього можлива, зокрема, засобами інструментарію Simulink, який інтегрований у середовище Matlab.

Оскільки головною задачею для підвищення енергоефективності технологічного процесу є розрахунок раціональних швидкісних режимів електропривода, визначальною підсистемою імітаційної моделі електротехнологічного комплексу повинен бути модуль, який містить блоки частотного перетворювача та асинхронного двигуна (рис. 1).

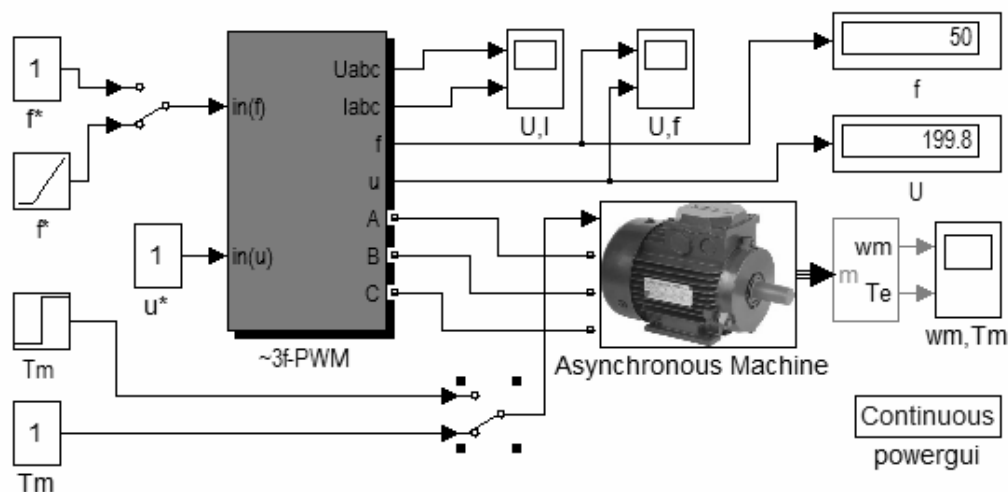


Рис. 1. Імітаційна модель частотно-регульованого електропривода

Проте стандартні блоки, які містяться в бібліотеці Simulink, як правило, не дозволяють реалізувати повністю процеси, що відбуваються у вищезазначених модулях, а потребують адаптації до певного типу двигуна та особливостей технологічного процесу. Крім того, системи регулювання швидкості, створені на основі паспортних даних двигунів і з жорсткою структурою регулятора, на практиці проявляють нестійкість у роботі, пе-

ререгулювання швидкості, повільніший її набір, коливальні режими. Ці фактори напряду впливають на технологічний процес у цілому, продуктивність механізмів тощо [5].

Покращити якість регулювання системи, її енергоефективність, можна шляхом застосування адаптивних способів керування, а також методів нечіткої логіки для аналізу змін параметрів системи [3]. Алгоритм формування керуючого впливу, що здійснюється згідно з адаптивним способом частотного керування асинхронним двигуном реалізовується відповідним модулем *CalcBlock* (рис.2), що входить в імітаційну модель частотного перетворювача.

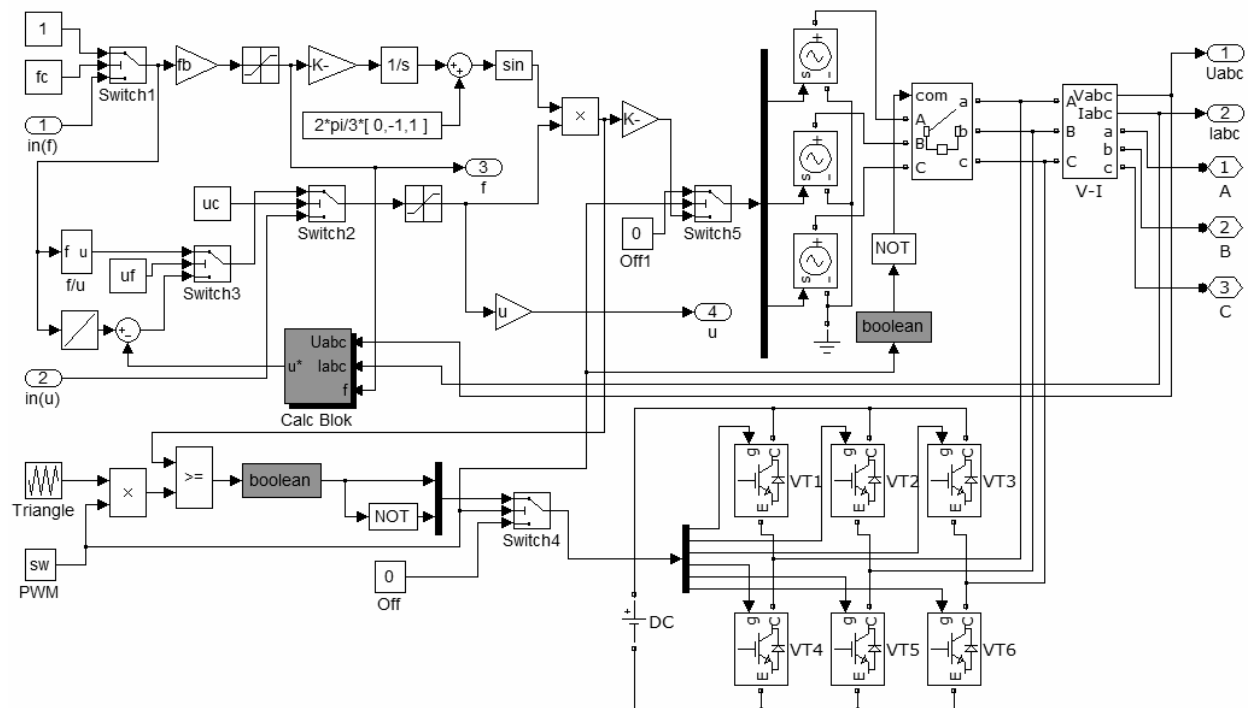


Рис.2 . Імітаційна модель частотного перетворювача

Під'єднання моделі частотно-регульованого електропривода до підсистем, що відтворюють функціональні залежності, які характеризують інші об'єкти, що входять в електротехнологічний комплекс та процеси взаємовпливу їх параметрів дозволяє наблизити розроблену систему до реальних умов функціонування і дає можливість стосовно цього оцінити її характеристики.

Прикладом цього є система визначення швидкісних режимів активного вентилявання зерна. Розроблена імітаційна модель (рис.3) відтворює алгоритм розрахунку швидкісних режимів, згідно з яким, залежно від необхідного режиму вентилявання, визначають диференційовані діапазони продуктивності вентилятора [2].

У моделі проводиться обробка інформації про значення температури, вологості зерна і повітря та показника зараженості зерна з певною дискретністю у часі. Також за допомогою окремих підсистем визначають рівноважну вологість зерна та вибирають режим вентилявання згідно зі значеннями детекторів зараженості та самоігрівання, на основі якого

встановлюється необхідна продуктивність вентилятора із врахуванням втрат напору, що відбувається через опір зернового шару.

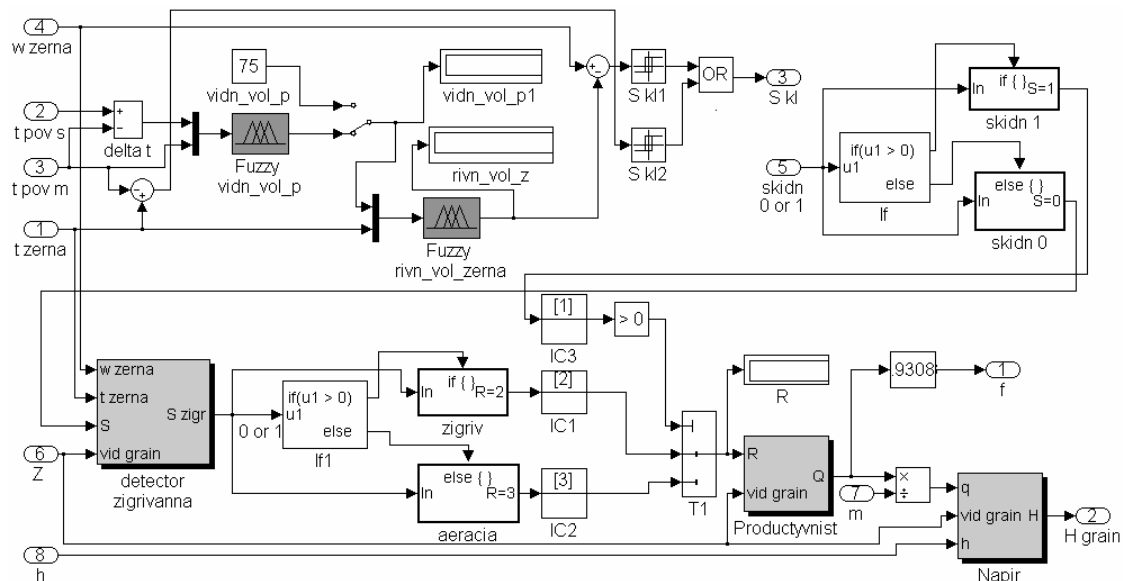


Рис. 3. Імітаційна модель визначення швидкісних режимів вентилявання

Оскільки подача повітря вентилятора функціонально залежить від стохастичних процесів, що перебігають у зерновому насипі та у навколишньому середовищі, то реалізовувати схему керування нею найдоцільніше методами інтелектуального пошуку даних. Формування системи здійснено за каскадним методом із застосуванням контролера та адаптивних нейронечітких систем.

Таким чином, розроблена імітаційна модель визначення швидкісних режимів активного вентилявання дозволяє проаналізувати встановлені залежності продуктивності вентилятора від стохастичних змін, що відбуваються в зерновому насипі, а також оптимізувати алгоритми системи керування для забезпечення енергоощадності технологічного процесу.

На відміну від процесу активного вентилявання, де необхідно враховувати цілу низку факторів, проте зміни визначальних характеристик є доволі інертними, у системах зв'язного дозування лінії брикетування двокомпонентного твердого біопалива основними технологічними параметрами є лише продуктивність дозаторів та вологість компонентів. Але у цьому випадку важливим є узгодженість функціонування дозаторів та шнека, що потребує відслідковування у динаміці зміни швидкісних режимів їх електроприводів (рис.4) [4].

У запропонованій структурі імітаційної моделі інтелектуальної системи керування (див. рис. 4) продуктивність шнека-дозатора задається, виходячи із величини струму статора асинхронного двигуна підпресовувального шнека і, в свою чергу, визначає сумарну продуктивність дозаторів, що дозволяє у широкому діапазоні регулювати склад суміші і тим самим вирішувати питання надлишкової вологості соломи та зменшення зольності кінцевого продукту.

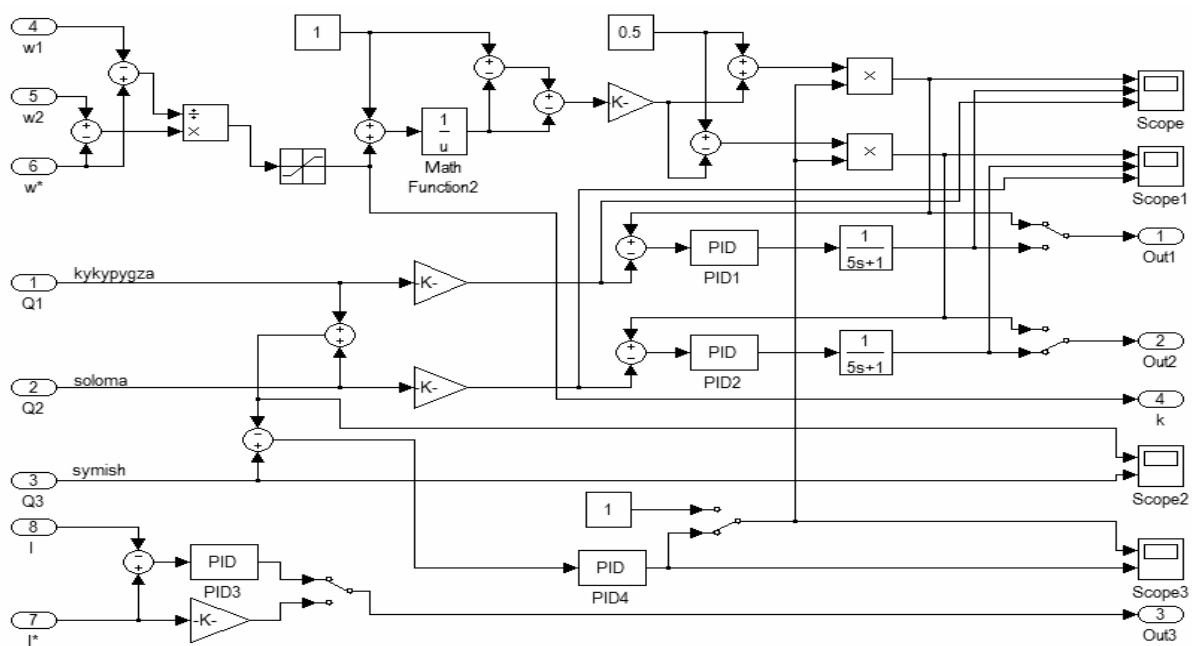


Рис. 4. Імітаційна модель задання швидкісних режимів дозаторів

Висновки

Для забезпечення енергоощадності електротехнологічних комплексів необхідно проводити комплексний аналіз усього технологічного процесу з метою виявлення чинників, які впливають на зростання енерговитрат. Ефективним засобом дослідження у цьому випадку є імітаційне моделювання.

Розроблено модуль частотно-регульованого електропривода, який базується на адаптивному способі керування. Імплементация цієї підсистеми в імітаційній моделі електротехнологічних комплексів із врахуванням специфіки їх функціонування дозволяє динамічно відслідковувати визначальні характеристики з метою визначення раціональних швидкісних режимів електроприводів виконуючих механізмів.

Спроековано імітаційну модель розрахунку швидкісних режимів активного вентилявання зерна, що реалізуються з використанням системи керування, функціонування якої базується на нейроінформаційних технологіях. Апробація визначених режимів виявила, що тривалість вентилявання зерна може бути зменшена на 15–50 % залежно від метеорологічних умов та виду зернової культури, а енерговитрати знижені на 30 %.

Розроблено імітаційну модель інтелектуальної системи керування зв'язним дозуванням компонентів біопалива, середньоквадратична похибка функціонування якого не перевищує 0,2 %. Час встановлення заданої вологості на виході змішувача, враховуючи чисте запізнювання для розробленої системи, не перевищує 10 с, а перерегулювання – 2,5 %.

Список літератури

1. Браславський І.Я. Енергозберігаючий асинхронний електропривод: учб. посібник / Браславський І.Я., Ішматов З.Ш., Поляков В.Н.; під ред. І. Я. Браславського. – М.: ВЦ «Академія», 2004. – 256 с.
2. Луцик І. Б. Вплив швидкісних режимів установок активного вентиля-

вання на біологічні процеси в зерновому насипі / І. Б. Луцик // Науковий вісник НУБіП України. – 2013. – Вип. 184. – С. 246–251.

3. Пат. 68806 Україна, МПК H02P 1/26 (2006.01). Спосіб адаптивного частотного керування асинхронним двигуном / Федорейко В. С., Рутило М. І., Петрикович Ю. Я., Луцик І. Б., Іскерський І. С.; заявник і патентовласник Тернопільський нац. пед. ун-т ім. Володимира Гнатюка; заявл. 06.10.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7.

4. Система керування процесом виробництва двокомпонентного твердого біопалива / В. С. Федорейко, І. С. Іскерський, М. І. Рутило, В. З. Чорний // Науковий вісник НУБіП України. – 2012. – Вип. 174, ч. 2. – С. 93–98.

5. Федорейко В. С. Адаптивне частотне керування асинхронним електроприводом вентиляційних установок / В. С. Федорейко, І. Б. Луцик, М. І. Рутило // Науковий вісник НУБіП України. – 2011. – Вип. 166, ч.4. – С. 89 – 94.

Обосновано использование имитационного моделирования для исследования скоростных режимов технологических процессов. Приведены примеры разработки имитационных моделей системы активного вентилирования и системы связанного дозирования компонентов твердого биотоплива, выполненных средствами Simulink пакета MatLAB и указано особенности их реализации.

Имитационное моделирование, электропривод, система управления, технологический процесс, активное вентилирование, связанное дозирование, Simulink.

The expediency of use of simulation modelling to study the speed modes processes is proved. The examples of the created of simulation models the system of active ventilation and the system of two-component dispensing of biofuels, which are implemented by means of Simulink environment MatLAB are illustrated. Indicated the especially of their implementation.

Simulation modeling, electrical drive, control system, technological processes, active ventilation, coherent dosage, Simulink.

УДК 621. 3. 066. 5

ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИХ І ЕРОЗІЄСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ

І. П. Радько, кандидат технічних наук

Наведено результати досліджень використання в контакт-деталях на основі срібла малотоксичної добавки оксиду олова замість токсичного оксиду кадмію, який належить до першої групи токсичності.

Контакт-деталі, комутаційні апарати, плазма, електрична дуга, енергія, електрична ерозія.

© І.П. Радько, 2013