

УДК 004.942

МОДЕЛІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

К.т.н. А.Б. Бінковська, М.Л. Рипаленко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У статті були одержані математичні моделі двигуна внутрішнього згорання та математичні моделі регуляторів Ползунова-Уатта та Сименса. Проведено синтез системи регулювання швидкості за принципом відхилення, який реалізують регулятори Ползунова-Уатта та Сименса.

В статье были получены математические модели двигателя внутреннего сгорания и математические модели регуляторов Ползунова-Уатта и Сименса. Проведен синтез системы регулирования скорости по принципу отклонения, который реализует регуляторы Ползунова-Уатта и Сименса.

Mathematical models of the internal combustion engine and mathematical models of Polzunov-Watt and Siemens' regulators have been obtained in the paper. The speed control system has been synthesized according to the deviation principle implemented by Polzunov-Watt and Siemens' regulators.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, автоматичний регулятор, регулятор прямої дії, регулятор непрямої дії, швидкість обертання.

Постановка проблеми

Застосування автоматичного регулювання або управління роботою двигунів внутрішнього згорання (ДВГ), як й інших об'єктів, приводить, як правило, до певного підвищення первісної вартості таких установок. Разом з тим в експлуатації автоматизовані установки можуть бути більше вигідними, наприклад, через менше число обслуговуючого персоналу, більшої економічності роботи й т.д. Автоматизація установки виявляється економічно виправданою, якщо економія засобів, що витрачають за час роботи установки до її виходу з ладу, за рахунок автоматизації виявиться вище збільшення первісної вартості установки. Однак питання економічності можуть не мати вирішального значення, коли автоматизація пов'язана із забезпеченням безпеки або здоров'я обслуговуючого персоналу, а також з охороною навколишнього середовища.

Залежно від умов експлуатації до двигунів внутрішнього згорання пред'являються різні вимоги, задовольнити які вдається при установці на двигун комплексу автоматичних пристроїв певного функціонального призначення.

Аналіз досліджень

Аналіз статичних і динамічних властивостей двигунів показує, що в багатьох випадках експлуатація їх виявляється неможливою без установки на них різних автоматичних регуляторів і пристроїв.

Аналіз умов, що викликають необхідність або

доцільність установки на двигунах деяких автоматичних регуляторів і пристроїв, показує, що частина таких пристроїв необхідна, давно використовується й виправдала себе в експлуатації (автоматичні регулятори частоти обертання, температури в системі охолодження й мастильної системі), інша частина бажана.

Уже в цей час на автоматичні регулятори, наприклад регулятори частоти обертання, покладають додаткові функції по корекції характеристик, за ухваленням циклових подач палива й повітря, по контролі за мастильною системою, по зміні кута випередження упорскування.

Додаткові можливості для рішення таких задач створює в системах управління двигунами електронна техніка (особливо мікропроцесорна), призначена для збору від датчиків інформації про стан двигуна в роботі, її аналізу й виробітку відповідних керуючих впливів [1].

Проведений аналіз властивостей різних принципів регулювання свідчить про істотні переваги регуляторів, що працюють за принципом Ползунова-Уатта [2].

Мета та постановка задачі

Необхідно одержати математичні моделі двигуна внутрішнього згорання та математичні моделі регуляторів Ползунова-Уатта та Сименса. Провести синтез системи регулювання швидкості за принципом відхилення, який реалізують регулятори Ползунова-Уатта та Сименса.

Попередні дослідження існуючих регуляторів ДВЗ показали, що регулятор Ползунова-Уатта представляє собою пропорційний регулятор, регулятор Сименс – інтегральний, а Панселе працює за принципом регулювання по обуренню.

Таким чином, два з цих регуляторів, а саме регулятори Ползунова-Уатта і Сименса, можна досліджувати, використовуючи класичний ПД-регулятор систем автоматики, для якого закон регулювання має вид:

$$U = k_p(\phi - \phi_3) + k_i \int_0^t (\phi - \phi_3) dt + k_d \frac{d(\phi - \phi_3)}{dt}. \quad (1)$$

Для дослідження його роботи за допомогою засобів Simulink пакета MatLab складемо машинну модель системи регулювання (рисунок 1), що може наочно продемонструвати вплив ПД-регулятора, а також його частин П-, І-, ІІ-, ПД-регуляторів на якість перехідних процесів.

Дослідження будемо проводити в два етапи. На першому етапі проведемо синтез системи регулювання при відсутності навантаження. На другому етапі перевіримо якість роботи синтезованої системи регулювання при навантаженні.

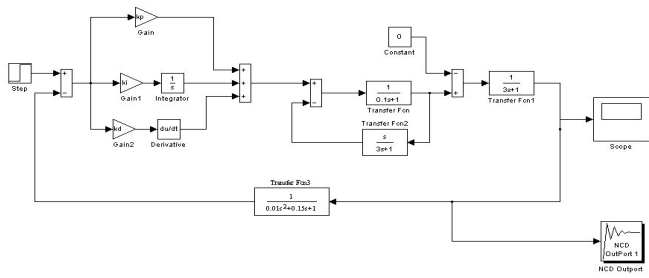


Рис. 1. Структурна схема регулювання швидкості обертання двигуна за допомогою ПІД-регулятора

Синтез системи керування.

Для виконання першого етапу (вибору закону регулювання й підбору коефіцієнтів) будемо використовувати схему, приведену на рисунку 1. Без регулятора перехідний процес буде мати вигляд, зображений на рисунку 2.

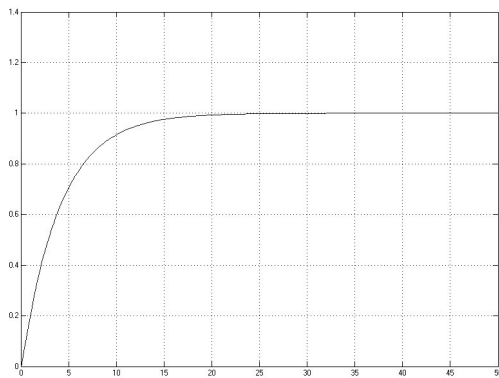


Рис. 2. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання без навантаження й без регулятора

Проаналізувавши вид перехідного процесу можна сказати, що без регулятора система не має перерегулювання σ і статичної помилки $\epsilon_{ст}$, але має досить великий час установлення $t_{пн}$, порядку 30 секунд, що неприйнятно для двигунів внутрішнього згоряння.

Далі досліджуємо роботу системи з П-, І-, ПІ-, ІД- і ПІД-регуляторами з одночасним підбором коефіцієнтів. Перехідні процеси будуть зображені на рисунках 3-7, а отримані показники якості й коефіцієнти k_p , k_i , k_d зведені у таблицю 1.

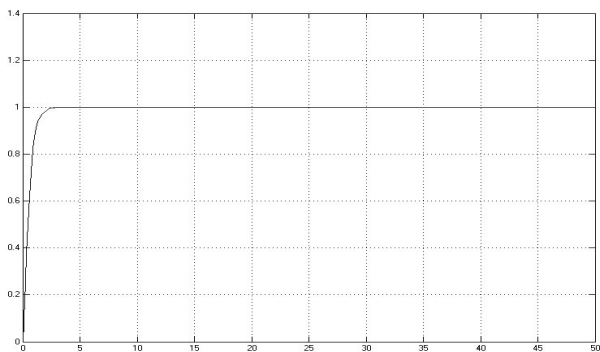


Рис. 3. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з П-регулятором без навантаження

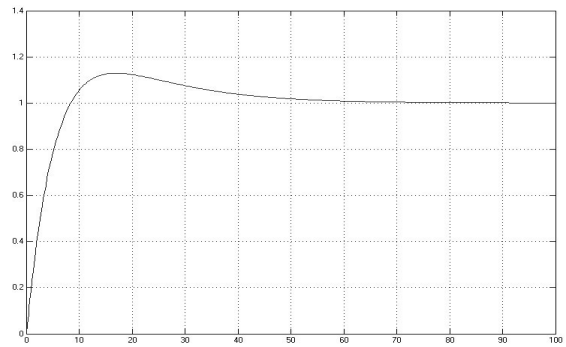


Рис. 4. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з І-регулятором без навантаження

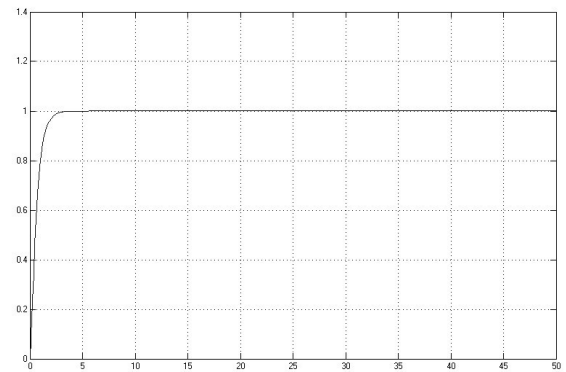


Рис. 5. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з ПІ-регулятором без навантаження

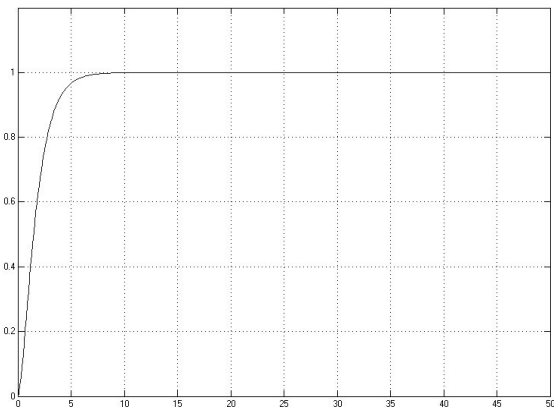


Рис. 6. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з ІД-регулятором без навантаження

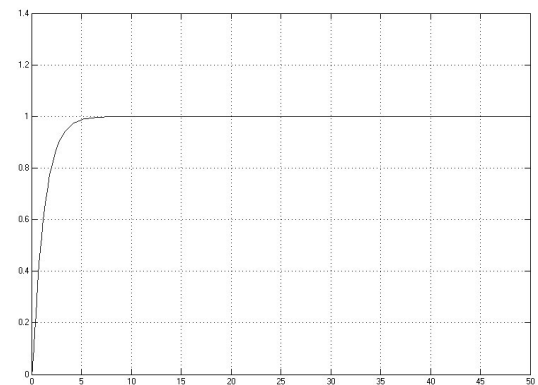


Рис. 7. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з ПІД-регулятором без навантаження

Таблиця 1
Показники якості й коефіцієнти закону регулювання (без навантаження)

Вид закону регулювання	k_p	k_i	K_i	$\sigma, \%$	$t_{пп}, c$	$\epsilon_{ст}, \%$
П	4,945	-	-	-	2,5	0,01
I	-	0,0523	-	13	75	0,5
ПІ	4,266	$2 \cdot 10^{-12}$	-	-	3	0,03
ІД	-	$1,09 \cdot 10^{-11}$	-2,2732	-	9	0,01
ПІД	1,1602	$4 \cdot 10^{-12}$	-0,4199	-	7,5	-

Провівши аналіз отриманих результатів, зробимо висновок, що найбільш підходящими для двигуна внутрішнього згорання є П-, ПІ- і ПІД-регулятори, тому що при регулюванні швидкості обертання ДВЗ найбільш важливими є такі показники якості, як відсутність перерегулювання, мінімальний час перехідного процесу, припустима статична помилка, що не перевищує 3%.

Друге дослідження проводимо із вже отриманими коефіцієнтами, але при наявності навантаження для синтезованих у ході першого дослідження регуляторів. Отримані перехідні процеси зображені на рисунках 8-10, коефіцієнти й показники якості, як і в першому дослідженні, занесені в зведену таблицю 2.

Таблиця 2
Показники якості й коефіцієнти законів регулювання (з урахуванням навантаження)

Вид закону регулювання	k_p	k_i	K_i	$\sigma, \%$	$t_{пп}, c$	$\epsilon_{ст}, \%$
П	4,945	-	-	-	7	1,7
ПІ	4,266	$2 \cdot 10^{-12}$	-	-	4,8	1,9
ПІД	1,1602	$4 \cdot 10^{-12}$	-0,4199	-	13	4,7-

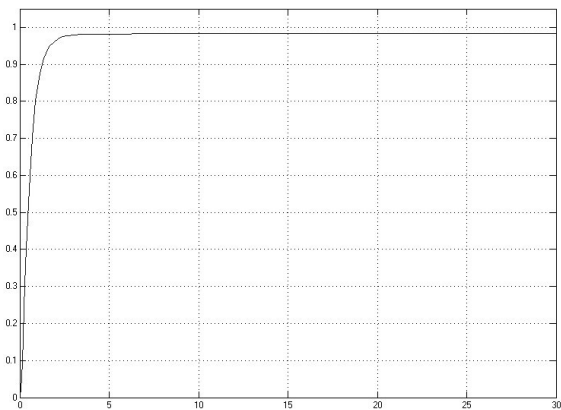


Рис. 8. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з П-регулятором під навантаженням

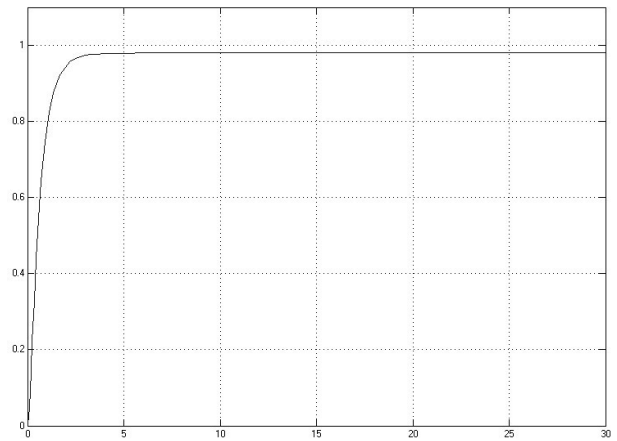


Рис. 9. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з ПІ-регулятором під навантаженням

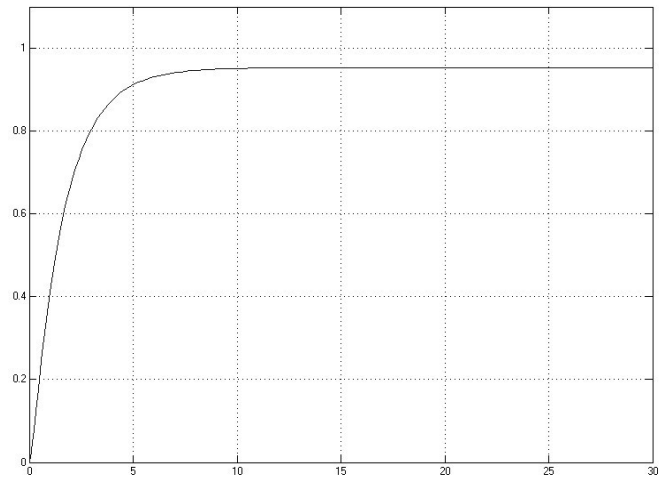


Рис. 10. Перехідний процес, отриманий у результаті моделювання з ПІД-регулятором під навантаженням

Провівши друге дослідження, приходимо до наступного висновку, що найбільш прийнятним регулятором для регулювання швидкості обертання двигуна внутрішнього згорання є ПІ-регулятор. Цей вибір можна пояснити тим, що ПІ-регулятор, дозволяє за найменший час із припустимою точністю регулювати заданий параметр. Додавати до ПІ-регулятора ланку, що диференціює, не має сенсу, тому що це тільки погіршить необхідні показники, ускладнить і зробить більш дорогою конструкцію регулятора. Виходячи з даних наведених у таблиці 2, ПІ-регулятор можна замінити П-регулятором (регулятором Ползунова-Уатта), він забезпечує не набагато гірші показники якості, але має більш просту конструкцію. Регулятор Сименса (І-регулятор) навіть без навантаження не забезпечує аперіодичний перехідний процес, тому при навантаженні його робота не розглядалася.

Висновки.

В результаті дослідження були одержані такі результати:

- при роботі ДВЗ без навантаження якісну роботу регулятора забезпечують П-, ПП-, ППД-регулятори. Перехідний процес з мінімальною тривалістю забезпечує пропорційний регулятор, а ППД-регулятор забезпечує відсутність статичної помилки;

- при роботі ДВЗ з навантаженням найкращі показники якості перехідного процесу забезпечив пропорційно-інтегральний регулятор.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания / Дьяченко В.Г. / Учебник. – Текст]. – Харьков: ХНАДУ, 2009. — 500 с.
2. Крутов В. И. Автоматическое регулирование и

управление двигателей внутреннего сгорания. - [Текст]. – М.: Машиностроение, 1989.- 461 с.

3. Олссон, Г. Цифрові системи автоматизації і управління / Г. Олссон, Д. Пиани. – [Текст]. – СПб.: Невський Діалект, 2001. – 557 с.

4. Филипп, Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филипп, Р. Харбор. – [Текст]. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 – 616 с.

5. Дорф, Р. Сучасні системи управління / Р. Дорф, Р. Бішоп. – [Текст]. – М.: Лабораторія Базових Знань, 2002 – 832 с.

6. Гурко О.Г. Аналіз і синтез систем автоматичного керування в MATLAB: Навчальний посібник / Гурко О.Г., Єрьоменко І.Ф. – [Текст]. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 300 с.

7. Гурко А.Г. Теория автоматического управления: Учебно-методическое пособие / Гурко А.Г., Еременко И.Ф., Кортнева В.С., Байдакова А.В., Биньковская А.Б. – [Текст]. – Харьков, ХНАДУ, 2009. – 216 с.

УДК 535.075.8

ДИСТАНЦІЙНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ БЕТОННОЇ ПЛИТИ МОСТОВОЇ СПОРУДИ

Д.т.н. О. В. Полярус, А. В. Лебединський, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У статті запропоновано спосіб дистанційного визначення діелектричної проникності бетонних мостових споруд за допомогою радіотехнічних засобів. Для досягнення необхідної точності її оцінки обґрунтовані вимоги щодо похибок вимірювання амплітуди напруженості поля в приймачі та нестабільності частоти передавача.

В статье предложен способ определения диэлектрической проницаемости бетонных мостовых сооружений с помощью радиотехнических средств. Для достижения необходимой точности её оценки обоснованы требования к погрешностям измерения амплитуды напряженности поля в приёмнике и нестабильности частоты передатчика.

The method of determining the permittivity of concrete bridge structures using radio equipment is proposed in the article. To achieve the necessary accuracy of its estimation, the requirements to the errors in measuring the amplitude of the field strength in the receiver and the instability of the frequency of the transmitter are established.

Ключові слова: діелектрична проникність, мостові споруди, радіотехнічні системи, напруженість електричного поля.

Вступ

Існуючі методи контролю стану мостових споруд (МС) в Україні припускають локальне руйнування ділянок залізобетонної конструкції з метою оцінки стану арматури, що витримує динамічні навантаження на мості. Це вимагає значних часових витрат з логічними наслідками подорожчання процесу експлуатації. Створення нових підходів на основі новітніх вимірювальних інформаційних технологій для ранньої

діагностики та прогнозування стану МС дозволяє підвищити надійність завчасного виявлення та попередження руйнування вузлів та елементів мостових конструкцій, тим самим, попередити виникнення надзвичайних ситуацій на дорозі, скоротити витрати при незапланованому ремонті чи глобальній реконструкції. Світова практика ранньої діагностики стану ґрунтується на використанні апаратно-програмних комплексів неруйнівної діагностики, що дозволяє експертам за короткої проміжок часу провести комплексну оцінку стану елементів та вузлів конструкції. Такі засоби діагностики базуються на різних фізичних принципах, наприклад корпорація «Polytec» є виробником високоточних лазерних віброметрів, які забезпечують високу точність, надійність та швидкість обробки отриманих даних за рахунок використання спеціального апаратно-програмного комплексу. Головним недоліком зазначеного засобу є його висока вартість, що в рамках фінансування галузі дорожнього будівництва та ремонту в Україні є не прийнятним. Експериментальні дослідження дозволяють виявити високо корельовані параметричні зв'язки та обрати засоби їх діагностування. Отже, методи дистанційного вимірювання динамічних характеристик МС до цього часу не розроблені в Україні і тільки в останні роки почали розвиватись в деяких розвинутих країнах світу (США, Італія, Китай, Японія тощо). Вони поки що є непривабливими для України з економічної точки зору. Потрібні більш дешеві технології, якість яких буде сумірною з іноземними технологіями. Для розробки подібних технологій не вистачає методів побудови відносно дешевих високоточних неконтактних вимірювальних інформаційних систем, що поєднуються з системами діагностики МС.