Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук у 2018/2019 навчальному році

Імітаційний електронний прилад «Система автоматичного регулювання частоти обертання дизеля»

2018/2019 н.р.

В науковій роботі представлені результати моделювання процесів у системі керування віртуальним транспортним дизелем в режимі реального часу, що і є об’єктом дослідження.

Метою роботи є створення дослідного обладнання, яке дозволить спростити процес адаптації електронної системи керування на дизелі, а також забезпечити візуалізацію та вивчення особливостей протікання перехідних процесів транспортного двигуна.

Основним **методом** при проведенні цього дослідження був розрахунково-аналітичний метод математичного моделювання динамічних систем, із застосуванням сучасних програмних обчислювальних комплексів, які дозволяють візуалізувати результати розрахунків процесів, які відбуваються, в режимі реального часу.

Даний імітаційний зразок (симулятор) призначений для:

– вивчення принципів роботи системи автоматичного регулювання частоти обертання дизеля;

– візуалізації параметрів роботи дизеля та його системи керування на сталих та перехідних режимах;

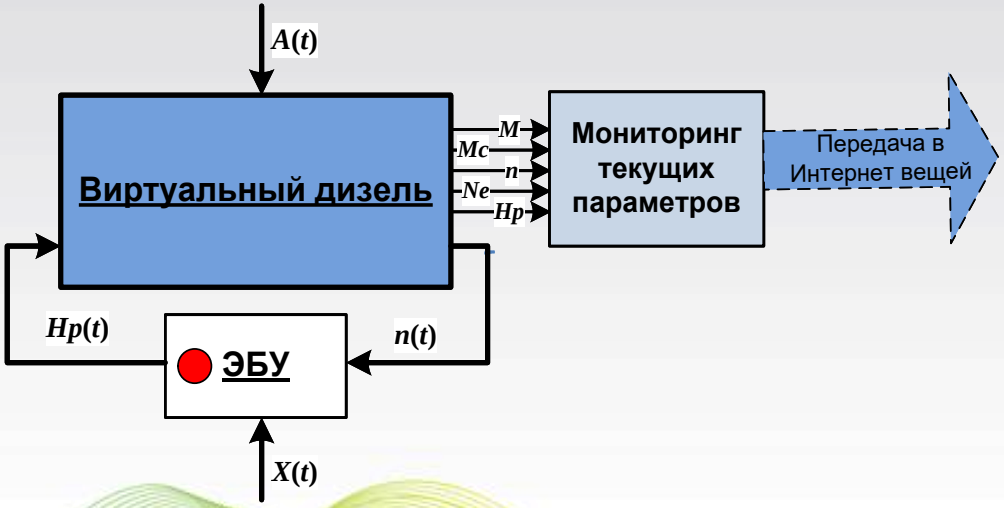
– тестування та оптимізації настроювань електронної системи керування дизелем;

– для здійснення експериментів, які неможливі в реальності через недосяжність реальної системи, небезпеку або високу вартість.

Також симуляцію використовують, щоб продемонструвати можливі ефекти певних дій.

Загальна схема

Імітаційний зразок віртуального двигуна виконує моделювання в режимі реального часу перехідних та сталих режимів роботи транспортного дизеля номінальною потужністю 100 кВт.



При цьому моделюванні, вхідними, збурюючими факторами є положення органу керування двигуном *X(t)* та поточний момент опору навантаження $Mc(t) = A(t)*n(t)^2$, які задаються незалежно, а вихідними – крутний момент двигуна *M(t)*, частота обертання колінчастого валу *n(t)* та інші параметри (показники) роботи дизеля, змінні у реальному часі.

Розроблений пристрій дозволяє візуалізувати на своєму екрані поточну зміну вихідних факторів у залежності від зміни вхідних як у часовій області $n = f(t)$, так й у частотній $M = f(n)$ у вигляді відповідних графіків, що відновлюються в реальному часі, та індикації чисельних даних

Математична модель віртуального дизеля

Диференційне рівняння руху колінчастого валу

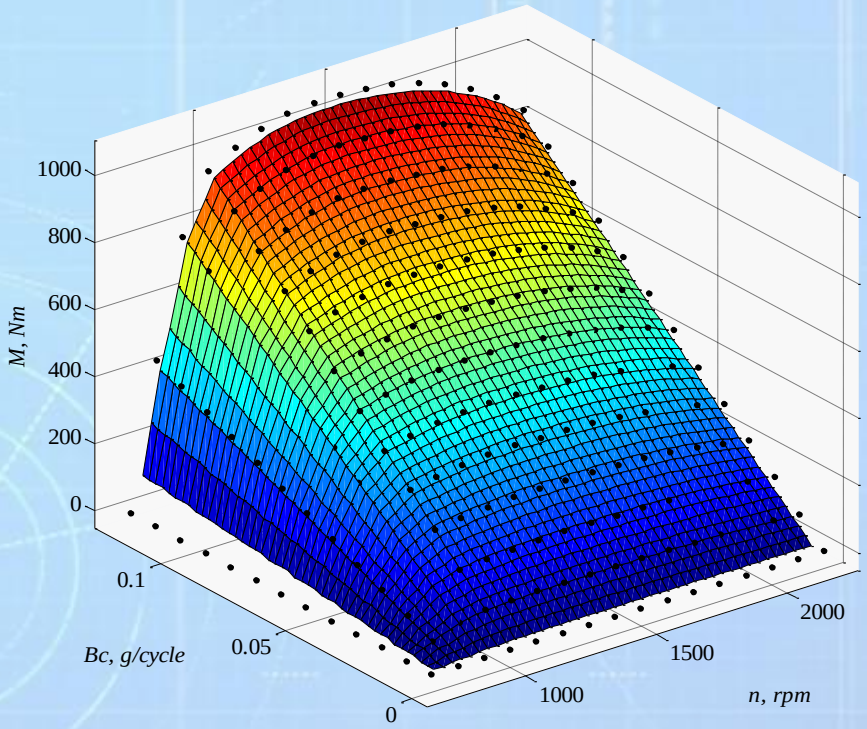
$$J\frac{d\omega(t)}{dt}+A(t)\omega(t)^2=M\left(n(t),Hp\right)$$

Формула для чисельного рішення

$$n(t)=n(t-\Delta T)+9{,}55\Delta\omega(t)$$

Прирощення кутової швидкості

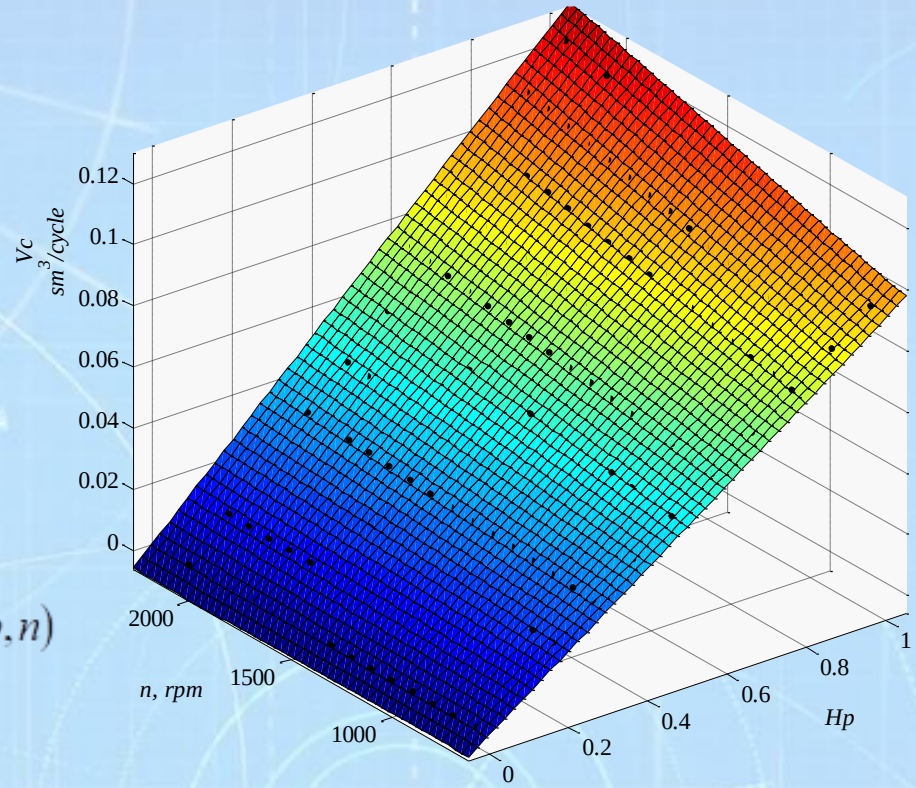
$$\Delta\omega(t)=\frac{1}{J}\left[M\left(n(t),Hp\right)-A(t)\left[\omega(t-\Delta T)\right]^2\right]\Delta T$$



Таблиця крутного моменту $M\left(n,Bc\right)$

Алгоритм керування дизеля на основі предиктивної математичної моделі

1. Базова таблиця подачі палива



$$V_c = f(Hp, n)$$

2. Формула густини палива

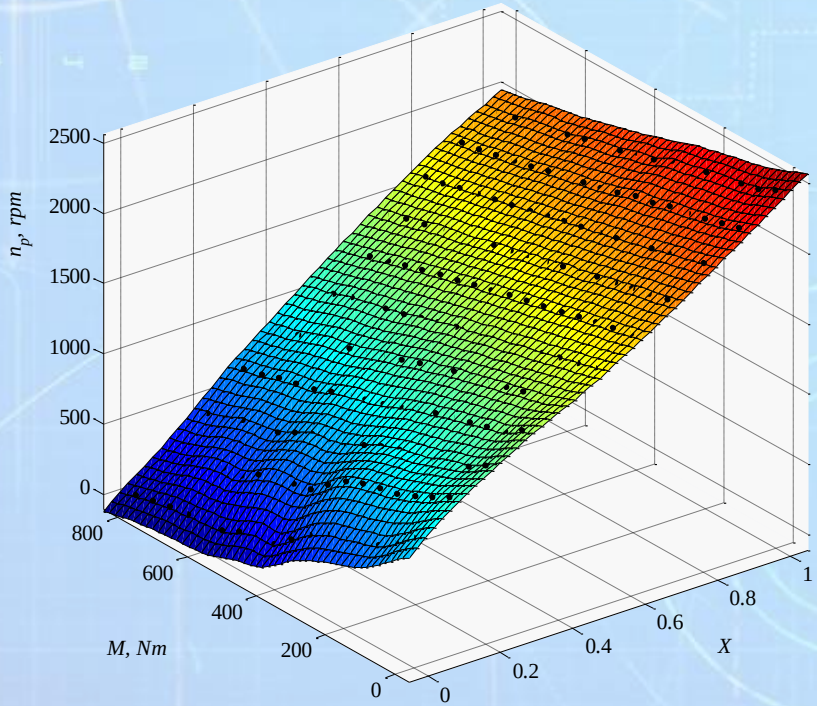
$$B_c = V_c\left(\rho_{20} - 0{,}000725 \cdot \left(T_{Ton} - 20^\circ\right)\right)$$

3. Базова таблиця крутного моменту наведена у попередньому слайді

4. Поточне значення моменту опору навантаження за базовим рівнянням внутрішньої предиктивної моделі

$$M_c = M - \frac{\pi J}{3600}\left(n_i^2 - n_{i-1}^2\right)$$

5. Таблиця рівноважних частот обертання



$$n_p = f\left(X, M_c\right)$$

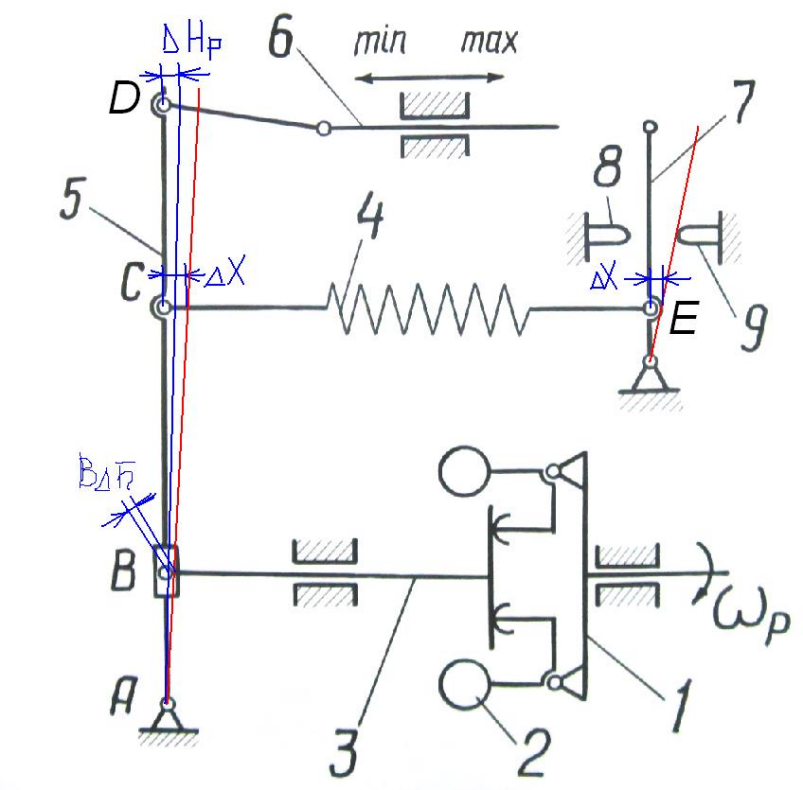
6. Поточне за ПІД-регулюванням відносне положення рейки ПНВТ:

$$Hp_i = Hp_{i-1} - Kp\left(n_i - n_p\right) - Kd\left(n_i - n_{i-1}\right) - Ki\sum_{k=1}^{Ni}\left(n_i - n_p\right)_k$$

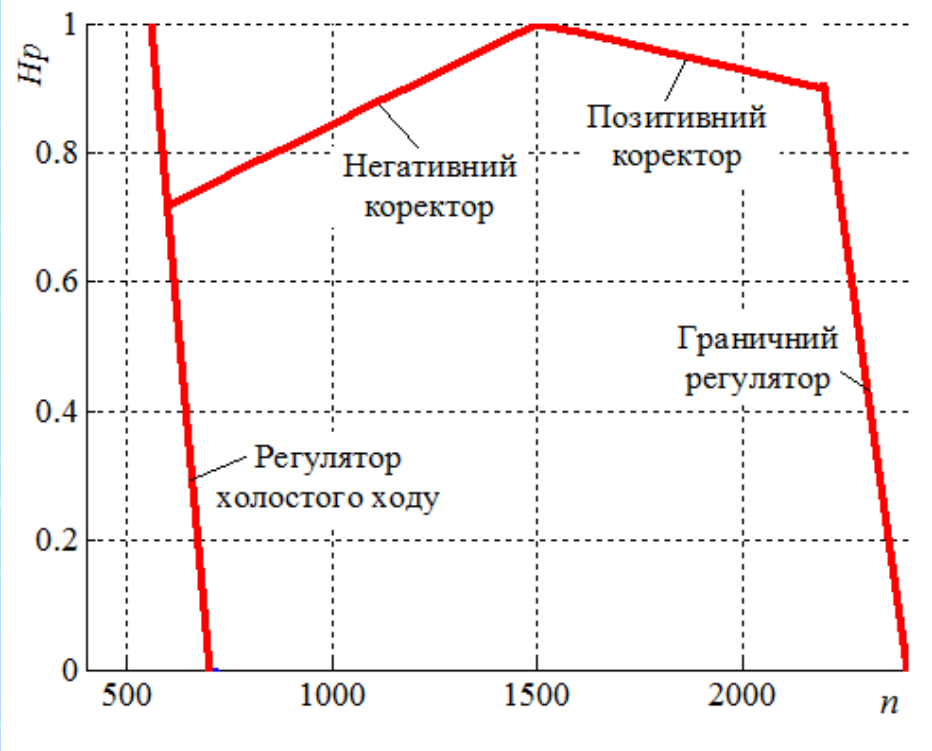
Алгоритм регулятора на основі статичних характеристик ПНВТ

Запропонована формула відносного положення рейки ПНВТ

$$Hp = A_1 + A \cdot X(t) - B \cdot \bar{n}(t)$$

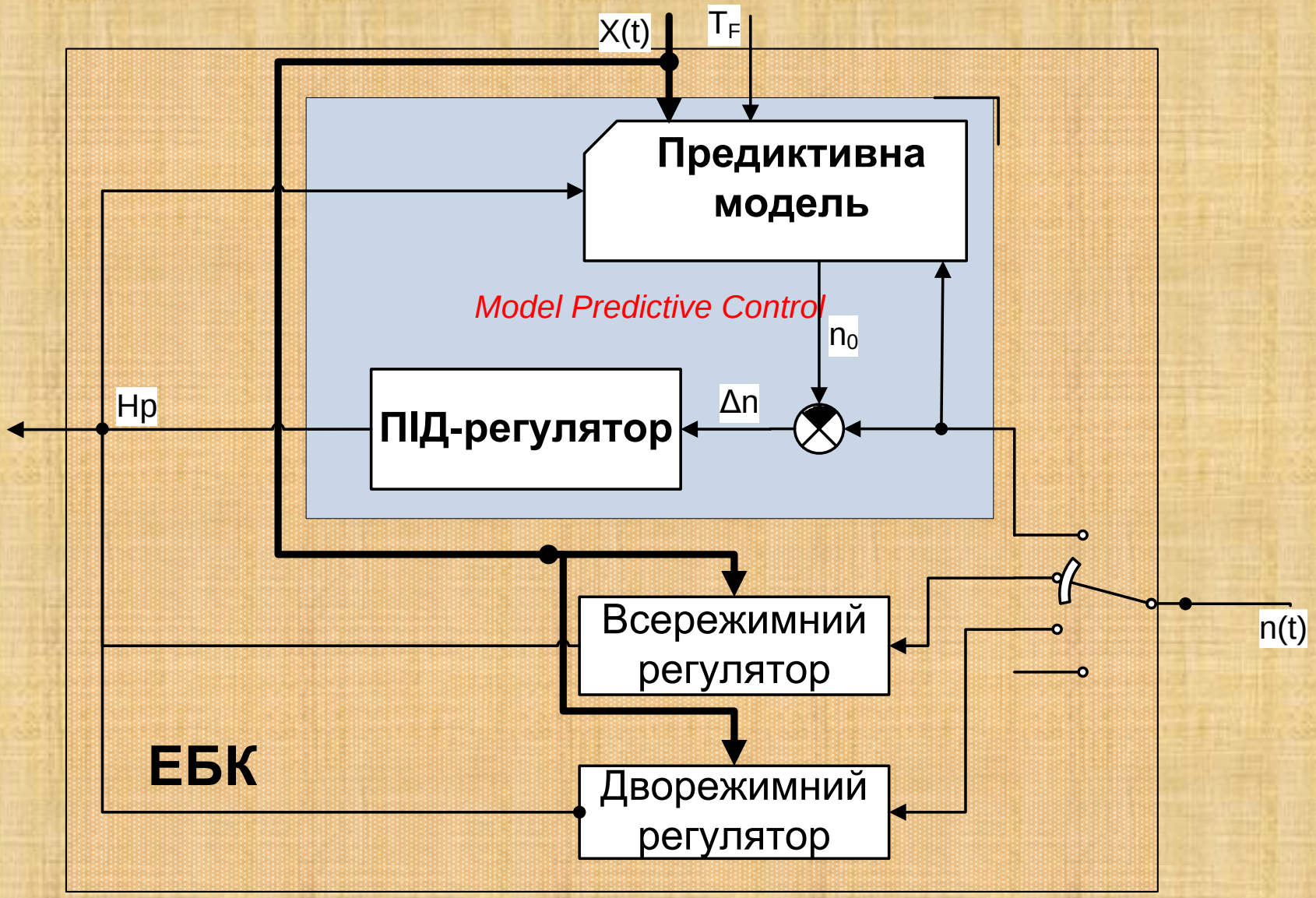


Принципова схема механічного всережимного регулятора

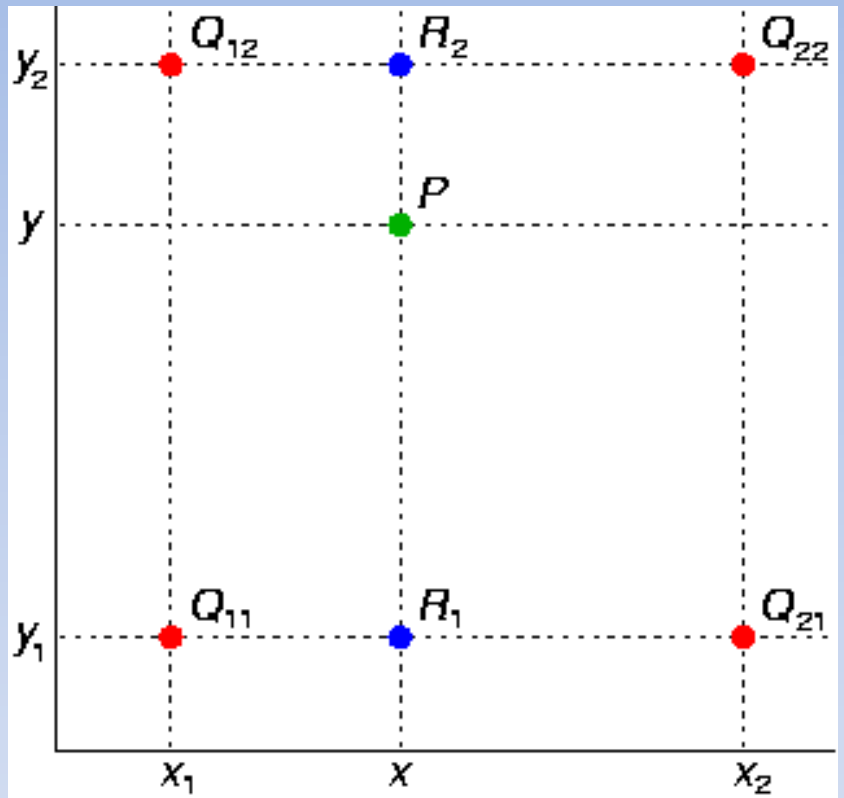


Обмежувачі регулятора

Алгоритмізація обчислень для програмування імітаційного зразку



Алгоритм білінійної інтерполяції

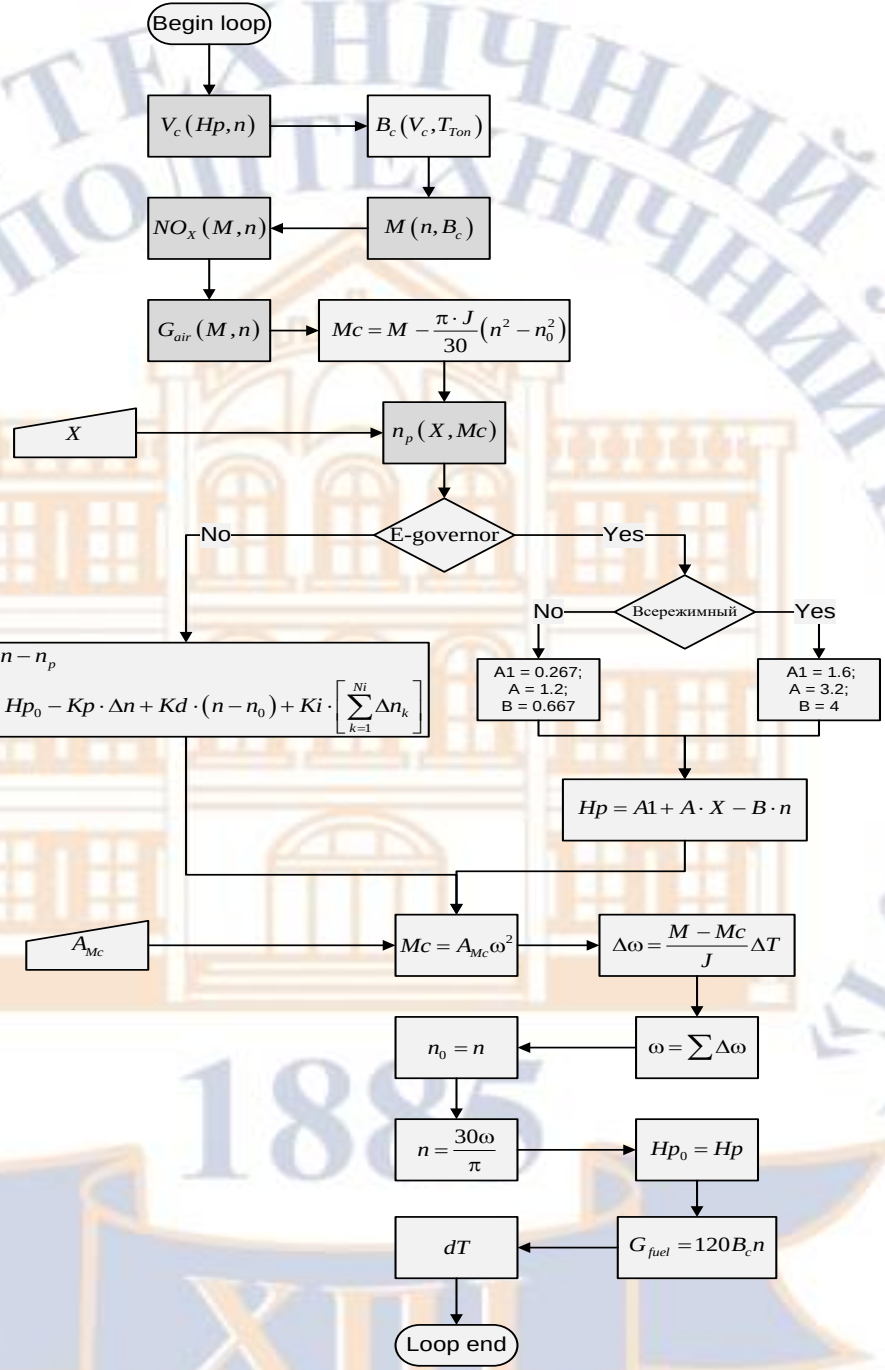


$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21})$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22})$$

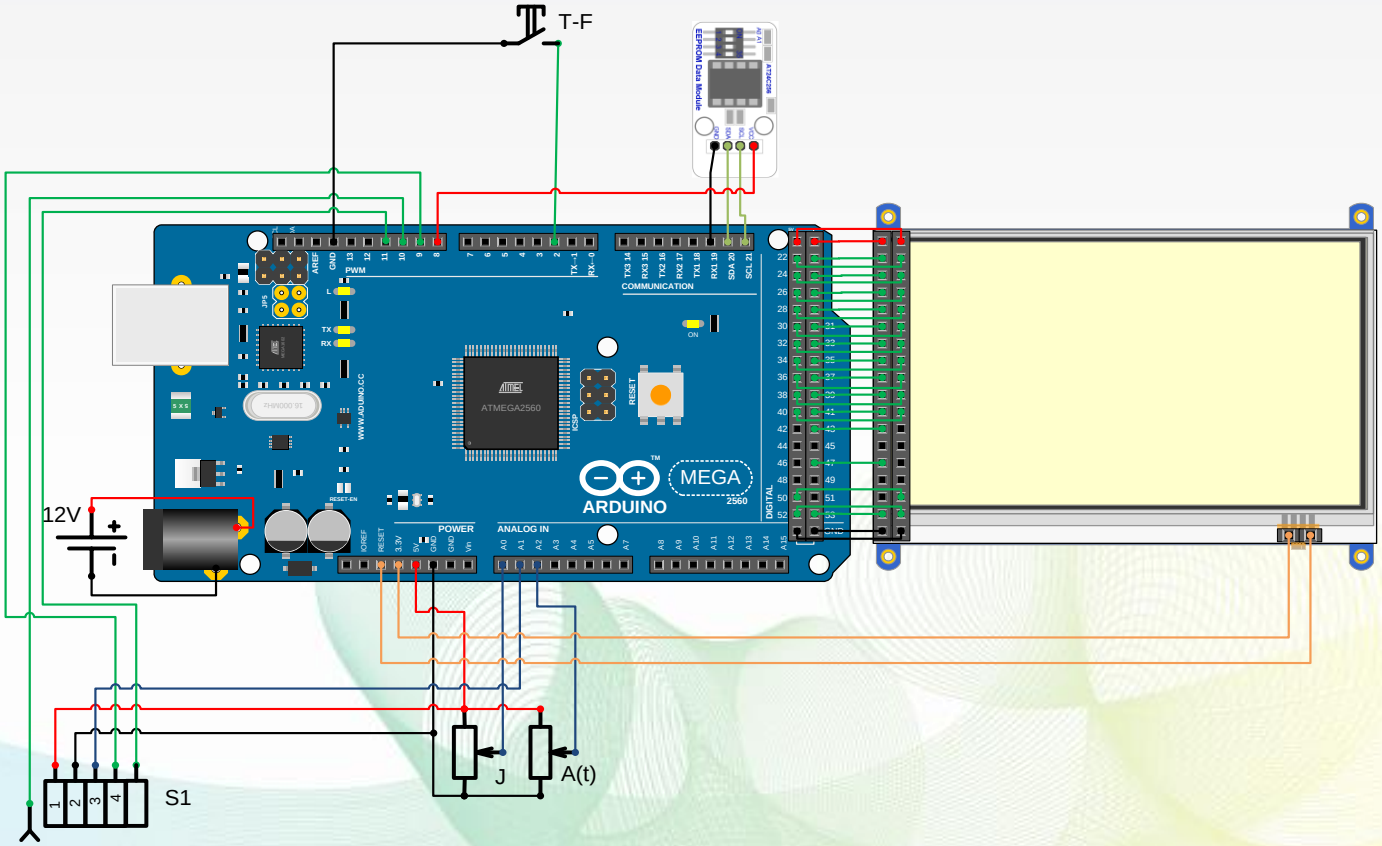
$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(R_2)$$

$$f(P) \approx \frac{(x_2 - x)(y_2 - y) f(Q_{11}) + (x - x_1)(y_2 - y) f(Q_{21}) + (x_2 - x)(y - y_1) f(Q_{12}) + (x - x_1)(y - y_1) f(Q_{22})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}$$

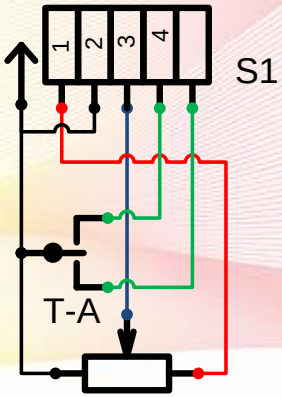


Загальний алгоритм роботи контролера імітаційного зразка

Апаратна реалізація електронного пристрою



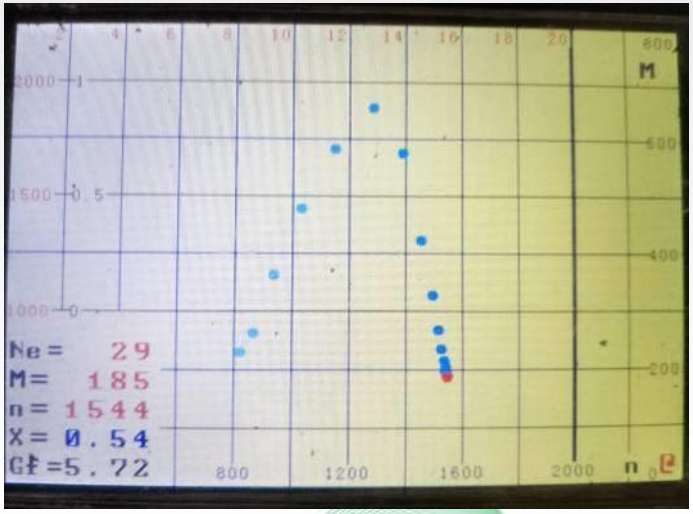
Монтажна схема з’єднання електронних компонентів «Основного блоку»



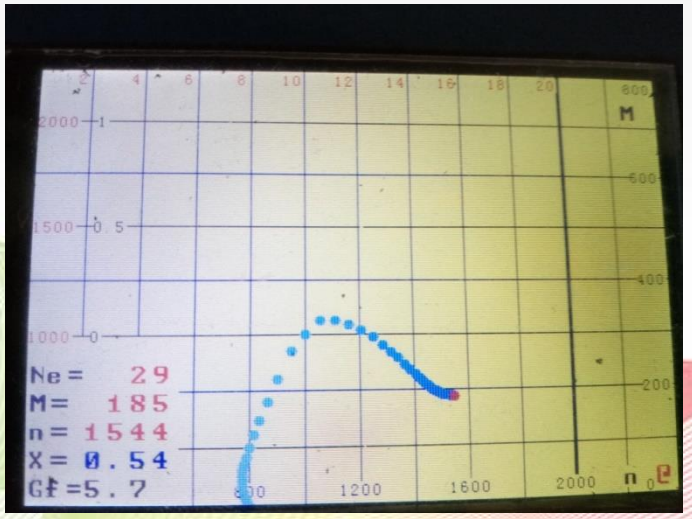
Монтажна схема «Блоку керування»

Зовнішній вигляд пристрою

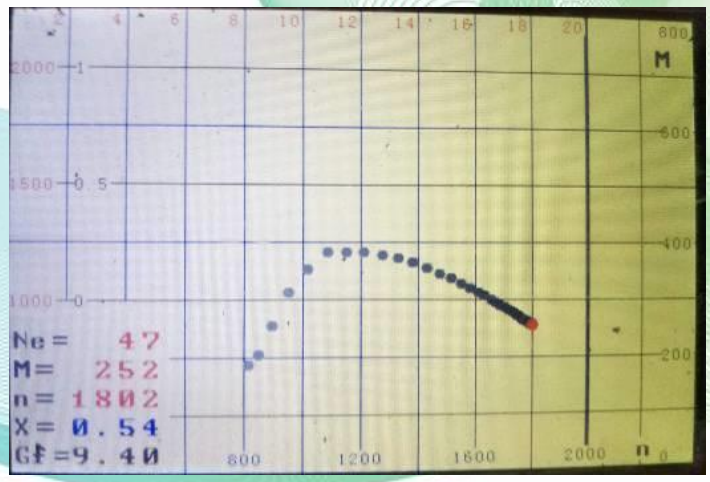
Приклади імітації перехідних режимів роботи двигуна



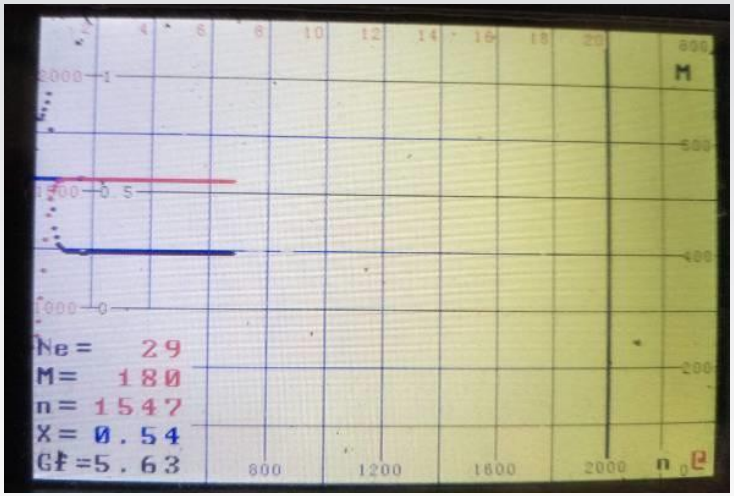
Перехідний режим у частотній області – розгін двигуна при всережимному керуванні



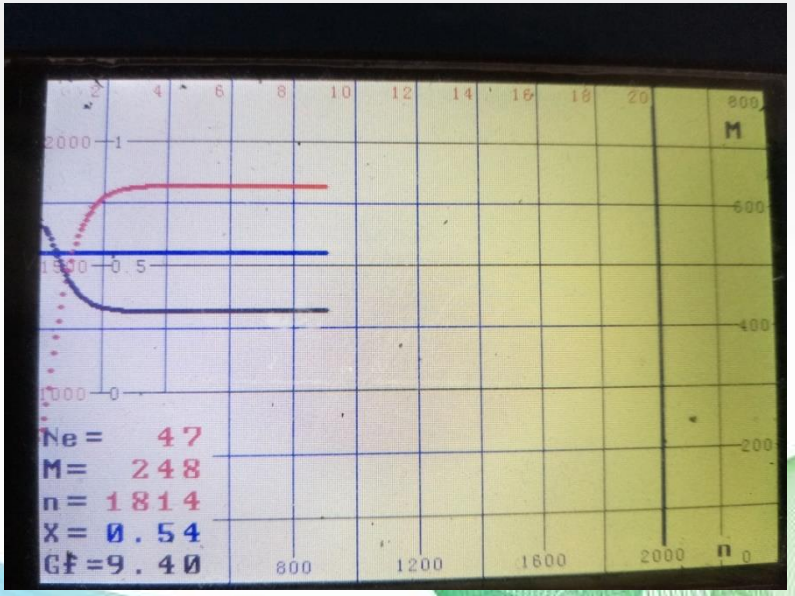
Перехідний режим у частотній області – розгін двигуна при предикційному модельному керуванні



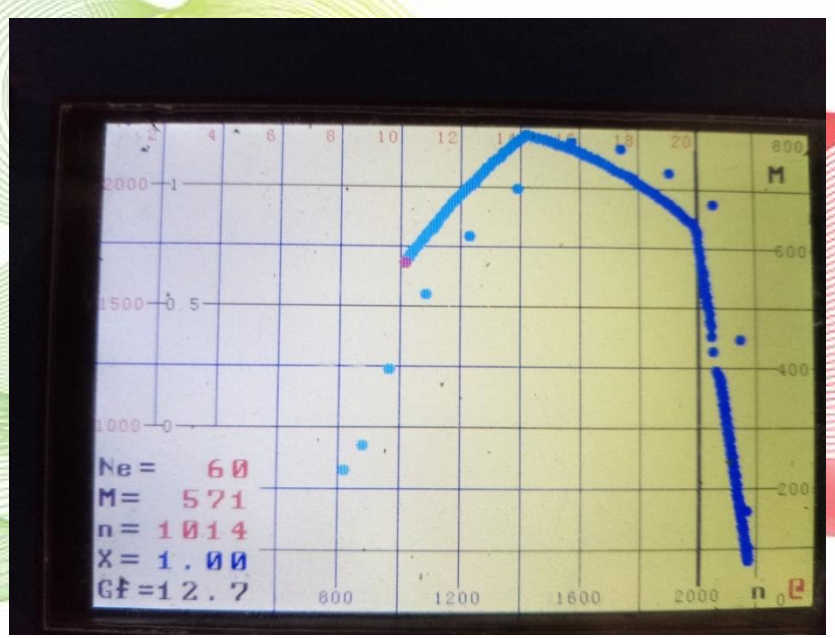
Перехідний режим у частотній області – розгін двигуна при дворежимному керуванні



Перехідний режим у часовій області – розгін двигуна при всережимному керуванні



Перехідний режим у часовій області – розгін двигуна при дворежимному керуванні



Перехідний режим у частотній області – робота двигуна за зовнішньою характеристикою

ВИСНОВКИ

1. Описаний синтез простого алгоритму електронного регулятора транспортного дизеля

2. Показано, що без внесення будь-яких конструктивних змін у електронний регулятор або паливну апаратуру можливо узгодити характеристики двигуна для отримання потрібних експлуатаційних характеристик транспортного засобу (наземної машини).

3. Такий самий підхід синтезу алгоритму електронного регулятора можна використовувати й для акумуляторної системи паливоподачі з електрогідравлічним керуванням впорскуванням.

4. Розроблено та виготовлено імітаційний зразок (симулятор) системи керування дизелем являє собою незалежній електронний пристрій на базі мікроконтролера, який виконує моделювання перехідних та сталих режимів роботи віртуального транспортного дизеля в режимі реального часу.