

5.2 Моделювання синхронізації двигуна за допомогою тригерних підсистем

У цьому розділі надано методологічні основи побудови моделі двигуна внутрішнього згоряння у пакеті Simulink системи комп'ютерної математики Matlab та показано, як змодельовати чотирициліндровий двигун внутрішнього згоряння з іскровим запаленням від дросельної заслінки до виходу колінчастого валу. Використовуються певні фізичні принципи, доповнені, де це доречно, емпіричними співвідношеннями, які описують динамічну поведінку системи, не вносячи непотрібних складнощів. Аналіз та фізика У цьому прикладі описуються концепції та деталі, пов'язані із створенням моделей двигунів, з акцентом на важливі методи моделювання Simulink. Базова модель використовує розширені можливості Simulink для захоплення подій, що базуються на часі, з високою точністю. У рамках цього моделювання запускається підсистема моделює передачу паливоповітряної суміші з впускного колектора в циліндри за допомогою дискретних подій клапана. Це відбувається одночасно з безперервними процесами впускного потоку, створення моменту, що крутить, і прискорення. Друга модель додає додаткову тригерну підсистему, яка забезпечує керування частотою обертання двигуна із зворотним зв'язком за допомогою приводу дросельної заслінки. Ці моделі можна використовувати як автономне моделювання двигуна. Або їх можна використовувати в рамках більшої системної моделі, такої як інтегроване моделювання транспортного засобу та трансмісії, при розробка системи контролю тяги.

Ця модель заснована на опублікованих результатах Кросслі та Кука (1991). Описується моделювання чотирициліндрового двигуна внутрішнього згоряння із іскровим запалюванням. Робота Кросслі та Кука також показує, як моделювання, засноване на цій моделі, було перевірено на цих випробуваннях на динамометричному стенді. У наступних розділах (наведених нижче) аналізуються ключові елементи моделі двигуна, виявлені Кросслі та Куком:

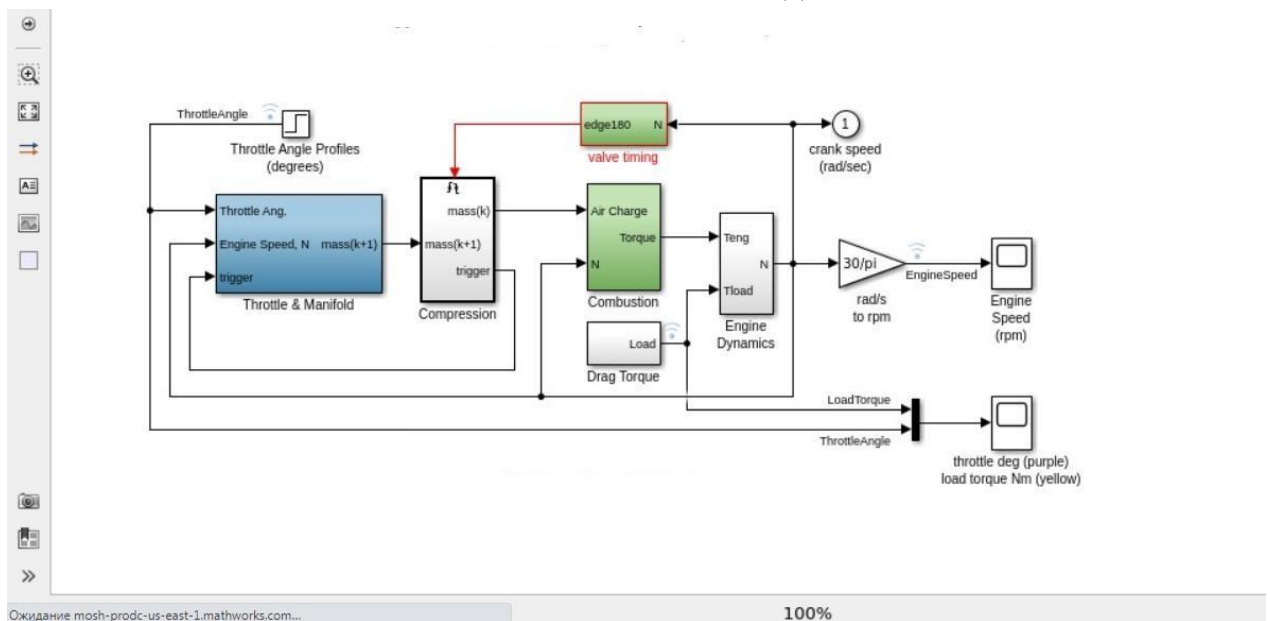
1. дросель;
2. впускний колектор;

3. масова витрата;
4. хід стиснення;
5. генерація крутного моменту та прискорення.

Примітка. До моделі можна додати додаткові компоненти, щоб забезпечити більшу точність моделювання і більше точно відтворити поведінку системи.

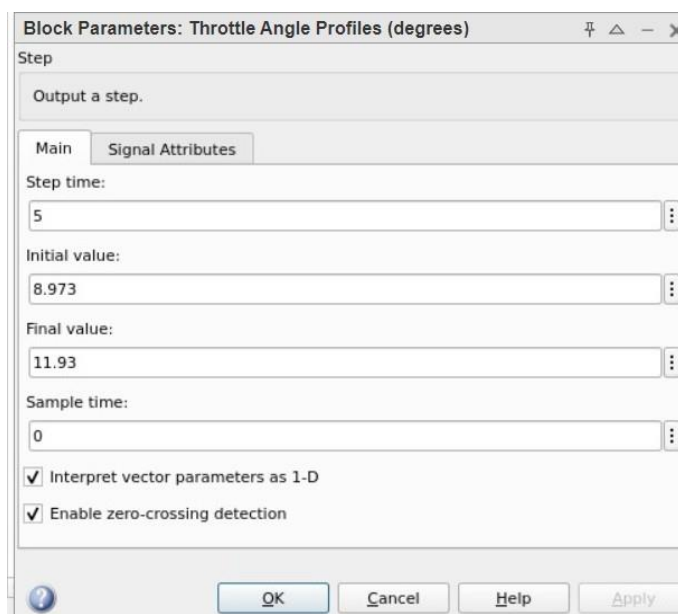
Загальна схема моделі

Рис. 1 Загальна схема моделі



Послідовність побудови моделі двигуна для подальшої симуляції процесів.

1. Блок Step. Профілі кута дросельної заслонки (градуси).



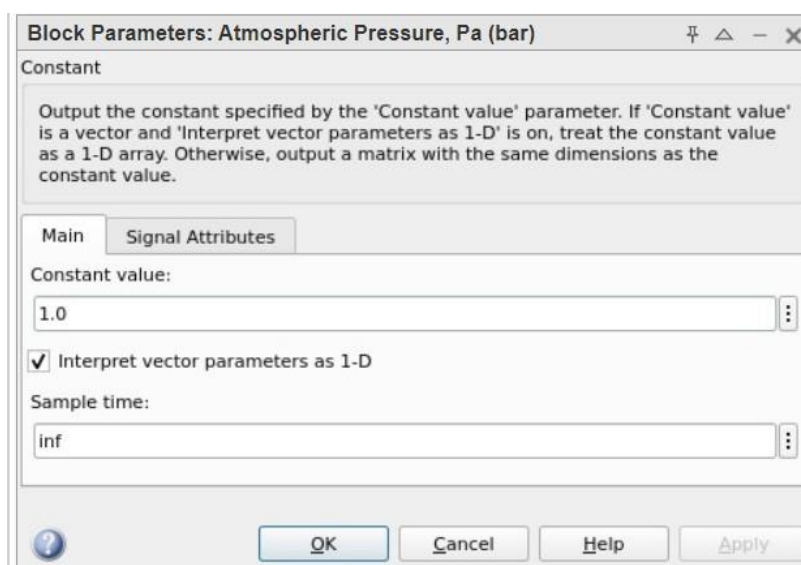
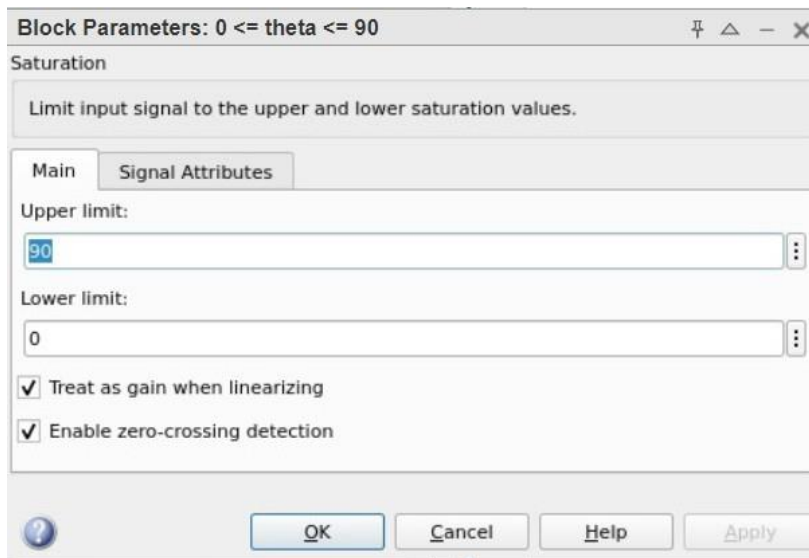
Signal attributes: double

2. Блок Subsystem - блок підсистеми 1 назовемо Throttle & Manifold (Дросель і колектор) Параметри блоку залишити за замовчуванням.

Зайти у підсистему поставити три Inport - Throttle Ang., Engine Speed, N, trigger (Дросель, Частота обертання двигуна, тригер (імпульс, збудження)).

Outport – надати ім'я mass (k+1)

2.1 Поставити блок Saturation та блок Constant на входи вкладеної підсистеми 1.1 (Дросельна заслонка) – зміна кута theta від 0 до 90 градусів та Atmospheric Pressure, Pa (bar) (Атмосферний тиск)



2.2 Додати блок Subsystem підсистеми 1.1, увійти та додати в ній три

входи Inport.

2.3 З другого входу підсистеми 1 додати блок Subsystem підсистеми 1.2 (Впускний колектор).

2.4 Вхідні та вихідні порти у двох підсистемах назвати згідно схеми, що розташована нижче.

➤ **Throttle Flow vs. Valve Angle and Pressure:**

Inport:

Throttle Angle, θ (deg)

Manifold Pressure, P_m (bar)

Atmospheric Pressure, P_a (bar)

Outport:

Throttle Flow, $\dot{m}$ (g/s)

Intake Manifold Vacuum:

Inport:

$\dot{m}$ Input (g/s)

N (rad/sec)

Outport:

Manifold Pressure, P_m (bar)

$\dot{m}$ to Cylinder (g/s)

Витрати потоку дросельної заслінки в залежності від кута клапана та тиску:

Входи:

Кут дросельної заслінки, θ (град.)

Тиск у колекторі, P_a (бар)

Атмосферний тиск, P_a (бар)

Виходи:

Потік дросельної заслінки, $\dot{m}$ (г/с)

Вакуум во впускном коллекторе:

Входи:

ввод $\dot{m}$ (г/с)

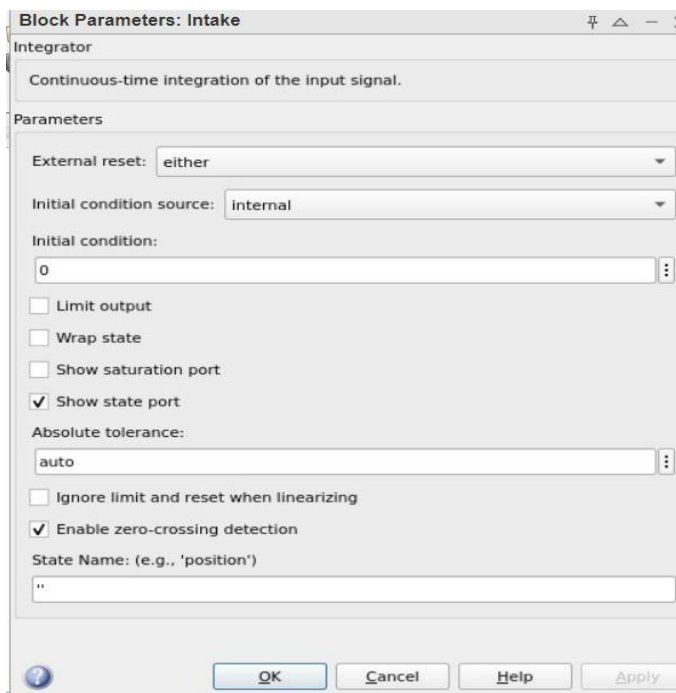
N (рад/сек)

Виходи:

Тиск у колекторі, Па (бар)

$\dot{m}$ до циліндру, (г/с)

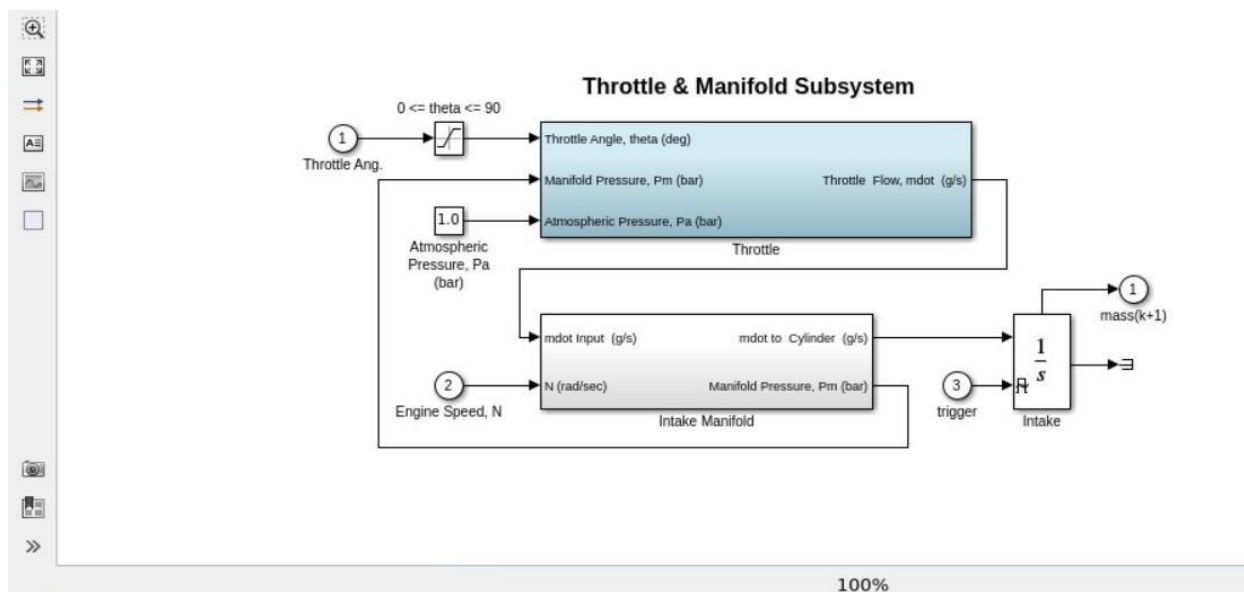
2.5 Після третього входу додати блок Integrator, який назвати Intake (Впуск). Параметри блоку:



При встановленні параметру External Reset – either (Зовнішній зброс – або) у блоці будуть два входи та позначка.

2.6 Додати блок Terminator – використовується для закінчення вихідних сигналів.

➤ **Схема першої підсистеми 1 моделі включає ще дві вкладені підсистеми 1.1 та 1.2**



3. У зовнішній моделі поставити другий блок Subsystem – підсистема 2 Compression – Стиснення з входами та виходами відповідно до схеми.

Inport: mass (k+1), Triggerport

Тригер (тригерна система) - клас електронних пристроїв, що мають здатність довго перебувати в одному з двох стійких станів і чергувати їх під впливом зовнішніх сигналів. Кожен стан тригера легко розпізнається за значенням вихідної напруги. За характером дії тригери відносяться до імпульсних пристроїв - їх активні елементи (транзистори, електронні лампи) працюють у ключовому режимі, а зміна станів триває короткий час.

Відмінною особливістю тригера як функціонального устрою є властивість запам'ятовування двійкової інформації. Під пам'яттю тригера мають на увазі здатність залишатися в одному з двох станів і після припинення дії перемикаючого сигналу. Приймавши один із станів за «1», а інший за «0», можна вважати, що тригер зберігає (пам'ятає) один розряд числа, записаного в двійковому коді.

Блок Trigger додає зовнішній сигнал або порт повідомлення для керування виконанням підсистеми чи моделі. Щоб увімкнути цю

функціональність, додайте цей блок до Subsystem або на кореновому рівні моделі, на яку посилаються в блоці Model . Потім налаштуйте блок Trigger для виконання підсистеми або моделі:

Один раз на кожному часовому кроці, коли значення сигналу, що управляє, змінюється вказаним вами способом.

Кілька разів протягом тимчасового кроку, коли сигнал керування є подією виклику функції з діаграми Stateflow®, блоку Function-Call Generator або блоку S-Function на основі повідомлень, отриманих у порту керування.

➤ Встановить, як сигнал керування запускає виконання

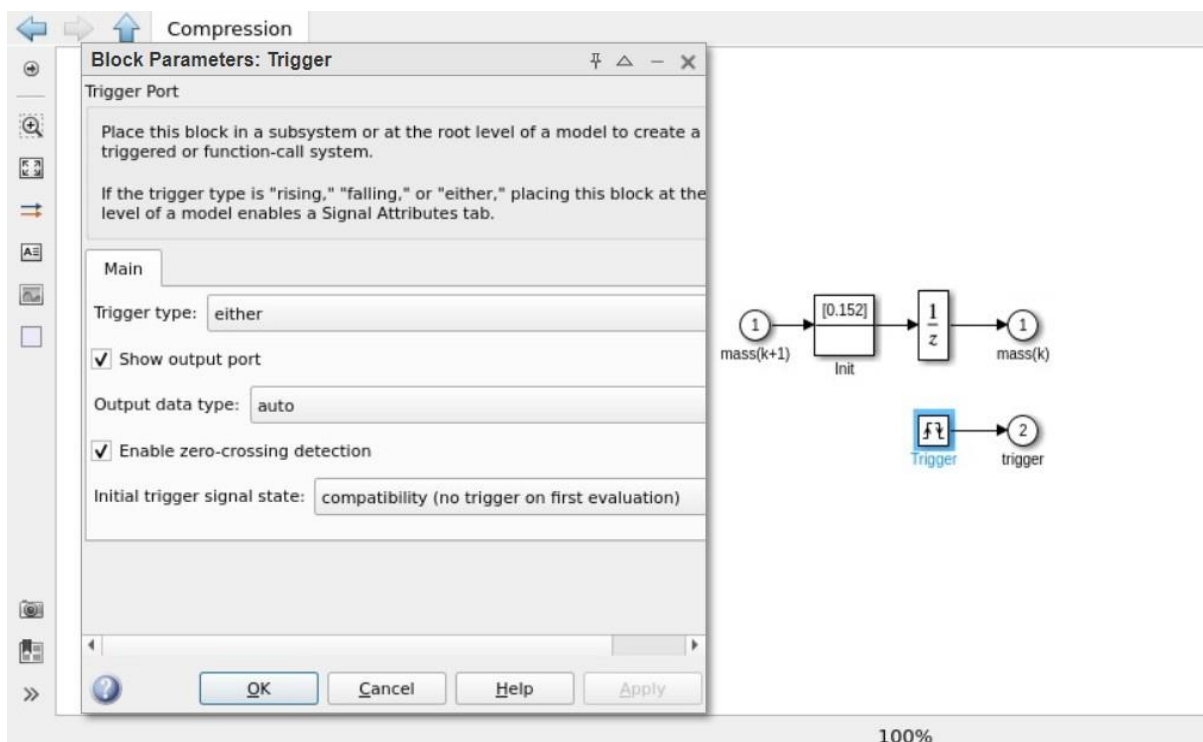
Відкрийте блок subsystem, а потім відкрийте діалогове вікно параметрів для блоку Trigger port. У списку Тип тригера виберіть:

rising - Запустити виконання підсистеми, коли керуючий сигнал зростає від негативного або нульового значення до позитивного значення.

falling - Тригерне виконання підсистеми, коли керуючий сигнал падає з позитивного або нульового значення до негативного значення.

either - Запустить виконання підсистеми за допомогою зростаючого або падаючого керуючого сигналу.

Налаштування Triggerport.



Output: 1. mass (k), 2. trigger.

4. Додати блок Subsystem – підсистема 3 Combustion - Горіння з двома входами (Inport) та одним виходом (Outport).

Inport:

Air Charge - Повітряний заряд

N – engine angular speed - кутова швидкість двигуна Outport:

Torque - Обертаючий момент

5. Додати блок Subsystem – підсистема 4 Engine Dynamics – Динаміка двигуна з двома входами (Inport) та одним виходом (Outport).

Inport:

Teng - Тен Tload

Outport: N – engine angular speed - кутова швидкість двигуна

6. Додати блок Subsystem – підсистема 5 valve timing – фази газорозподілу з одним входом (Inport):

N – engine angular speed - кутова швидкість двигуна та одним виходом (Outport):

edge 180.

7. Додати блок Subsystem – підсистема 6 drag torque – зміна обертаючого моменту з одним виходом (Outport): Load – завантажити.

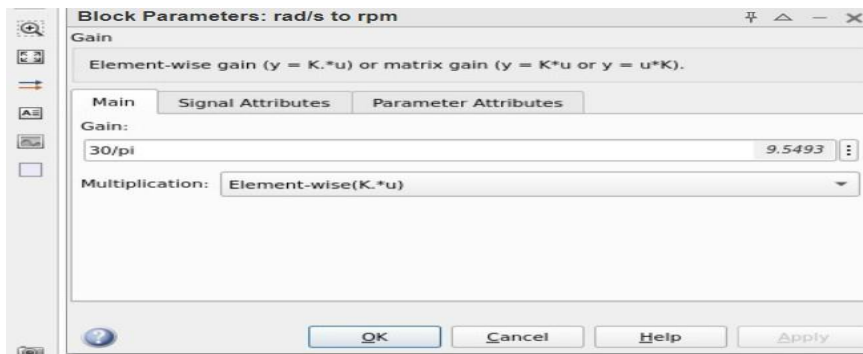
8. З'єднати всі елементи зовнішньої моделі та підсистеми згідно першій схемі.

9. Додати блок Outport - cranc speed, швидкість обертання колінчатого валу, для преднання тієї моделі до інших моделей автотранспортних засобів.

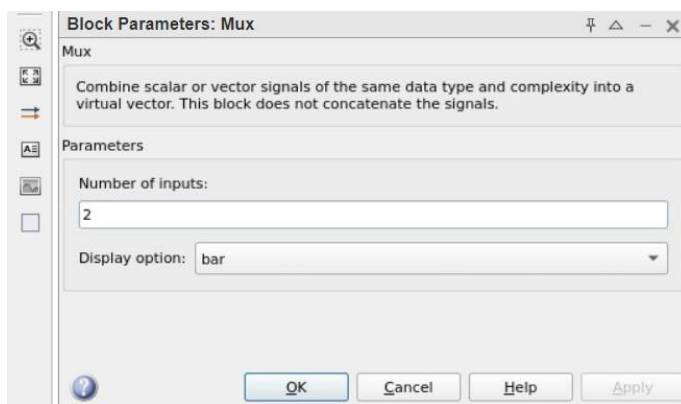
Додаючи блоки, з'єднувати їх згідно зовнішньої першої схеми.

10. Додати блок Gain – rpm, кількість обертів.

RPM означає кількість обертів за хвилину і використовується як міра того, наскільки швидко працює будь-яка машина в даний момент часу. В автомобілях обороти вимірюють, скільки разів колінчастий вал двигуна здійснює один повний оборот за хвилину, а також скільки разів кожен поршень піднімається і опускається в циліндрі.



11. Додати блок Max з двома входами та одним виходом, до якого підходять отримані значення – момент навантаження та кут дросельної заслінки.



12. Додати два осцилографа для виведення графіків:

блок Scope – Engine speed, швидкість двигуна,

блок Scope – throttle deg, load torque, дросельна заслінка, момент навантаження.

Ми побудували загальну схему синхронізації двигуна, яка включає шість підсистем.