

## ОЦІНКА РОБОТИ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ З ЕЛЕКТРОНИМ КЕРУВАННЯМ

**Актуальність теми:** У міру вдосконалювання математичних моделей, що описують процесу згоряння палива у двигуні з'ясувалося що змінюючи температури охолодної рідини двигуна можна впливати на протікання робочого процесу. Відповідно був даний поштовх для вдосконалювання системи керування й сучасних двигунів з високотемпературної закритої системи охолодження. Гнучка зміна температури в такій системі з однієї сторони є дуже зручною для впливу на коефіцієнт корисної дії й витрату палива. З іншої сторони вимагає ускладнення системи керування. Система керування ускладнилася за рахунок введення в неї керованого насоса охолодної рідини, інтелектуального датчика тиску мастила клапана регулятора тиску мастила, керованого термостата електричного насоса [1]. Коли відбулося таке ускладнення те виникла необхідність у розробці більш досконалих методів діагностування й застосування електронного встаткування для пошуку несправностей виникаючих у таких системах.

**Мета роботи:** Підвищення ефективності діагностування систем охолодження шляхом паралельного виміру й запису сигналів керування на електронні компоненти.

Порядок виконання експерименту полягав у наступному: спочатку проводилися виміри для системи охолодження двигуна: двигун запускався, прогрівався до умовної робочої температури. При якій проводився одночасний вимір трьох сигналів: сигналу датчика температури двигуна, сигналу на нагрівальну спіраль термостата й керуючого сигналу на електродвигун насоса охолоджувальної рідини. Як можна бачити з рисунка 1 насос охолодної рідини й нагрівальний елемент термостата управляється прямокутними імпульсами тобто ШІМ сигналом.

Це означає що при імпульсній зміні напруги на елементі, але з високою частотою проходження імпульсів через виконавчі механізми протікає приблизно постійний струм. Абсолютне, амплітудне значення якого буде мінятися при зміні шпаруватості.

При проведенні експерименту завдяки використанню високоточного цифрового пишучого осцилографа стало можливо об'єднати одночасно в одній осцилограмі три сигнали - повільний датчика температури, швидкі ШІМ сигнали.

Однак варто помітити, що відображення сигналів у вигляді набору прямокутників зі змінюваною шпаруватістю візуально не несе ніякої корисної інформації діагностові що проводить перевірку системи [2]. Відповідно потрібна була математична обробка отриманих сигналів.

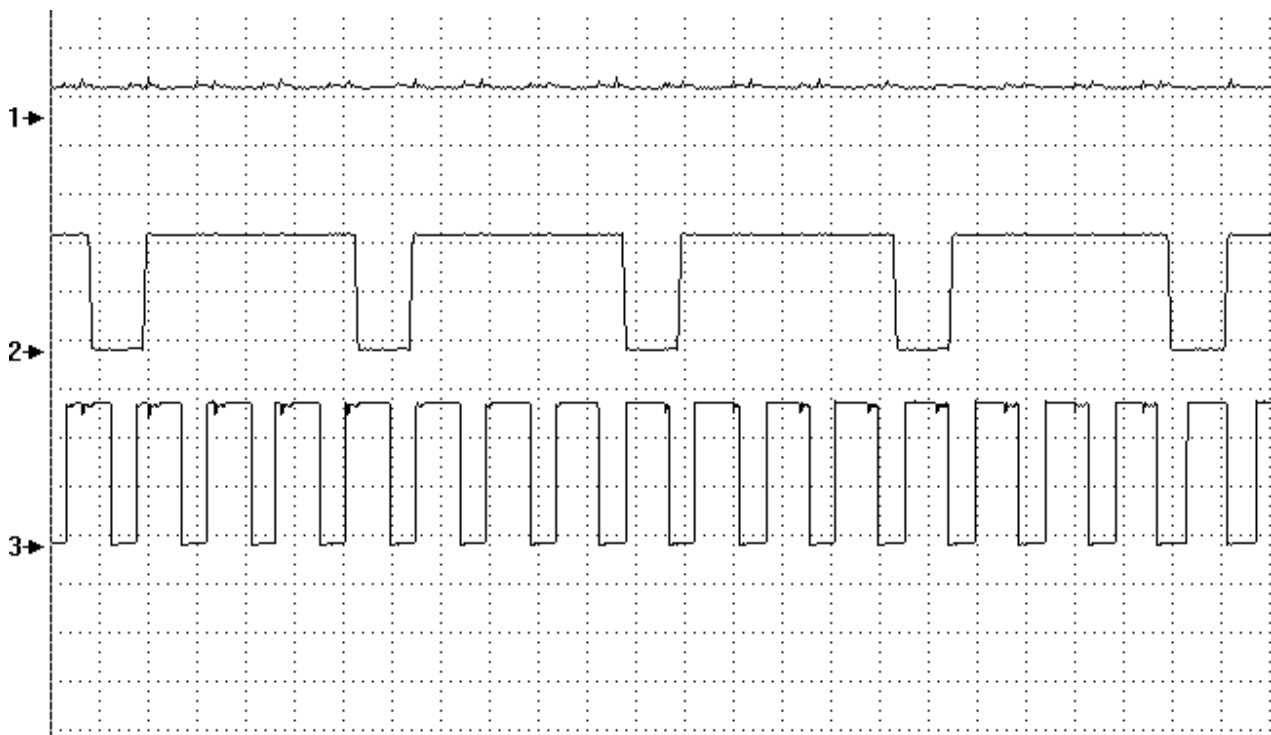


Рисунок 1 – Осциллограмма процесів керування системою охолодження  
 1 – Сигнал датчика температури; 2 – ШІМ сигнал нагрівального елемента термостата; 3 – Високочастотний ШІМ сигнал електричного насоса.

У пристроях і системах дискретної передачі й обробки інформації недостатньо висока шпаруватість може приводити до викривлення інформації. Результати перерахування шпаруватості сигналів по формулі представлено на рисунках 2 і 3. Спочатку всі сигнали які вимірялися на транспортному засобі просто оцінювалися для умов справної, працездатної системи. Потім у систему вводилася несправність і по зміні сигналів необхідно було визначити яка несправність має місце. У цьому випадку в експерименті імітувалася несправність термостату з електроніам керуванням. Для оцінки реакції системи за допомогою діагностичного сканера система керування двигуном була введена в спеціальній тестовий режим. Після чого в меню перевірок виконавчих елементів був обраний режим перевірки електронних компонентів системи охолодження. У момент коли система проводила самоперевірку й записувалися електричні сигнали наведені на рисунку 1 та результати їх обробки, що описують процес представлено на рисунку 2. Як ми бачимо з рисунку 2 у сорочці охолодження двигуна протягом певного періоду часу трималася стійка температура охолодної рідини в районі 90°C. При перевірці шпаруватість керуючих імпульсів на електричному насосі була збільшена з 47% до 75%, що привело до підвищення частоти обертання крильчатки насоса й прискоренню потоку рідини, тобто циркуляція охолодної рідини збільшилася відповідності з рівнянням теплового балансу описаним у попередньому розділі з математичною моделлю більша кількість тепла стала приділятися від блоку циліндрів. Одночасно із цим була збільшена шпаруватість із 44% до 59% на нагрівальному елементі термостата. Що у свою чергу прискорило термічну

деформацію твердого нагрівального елемента, термостат відкрився на максимальну величину й став перепускати потік охолодної рідини у великий контур з радіатором.

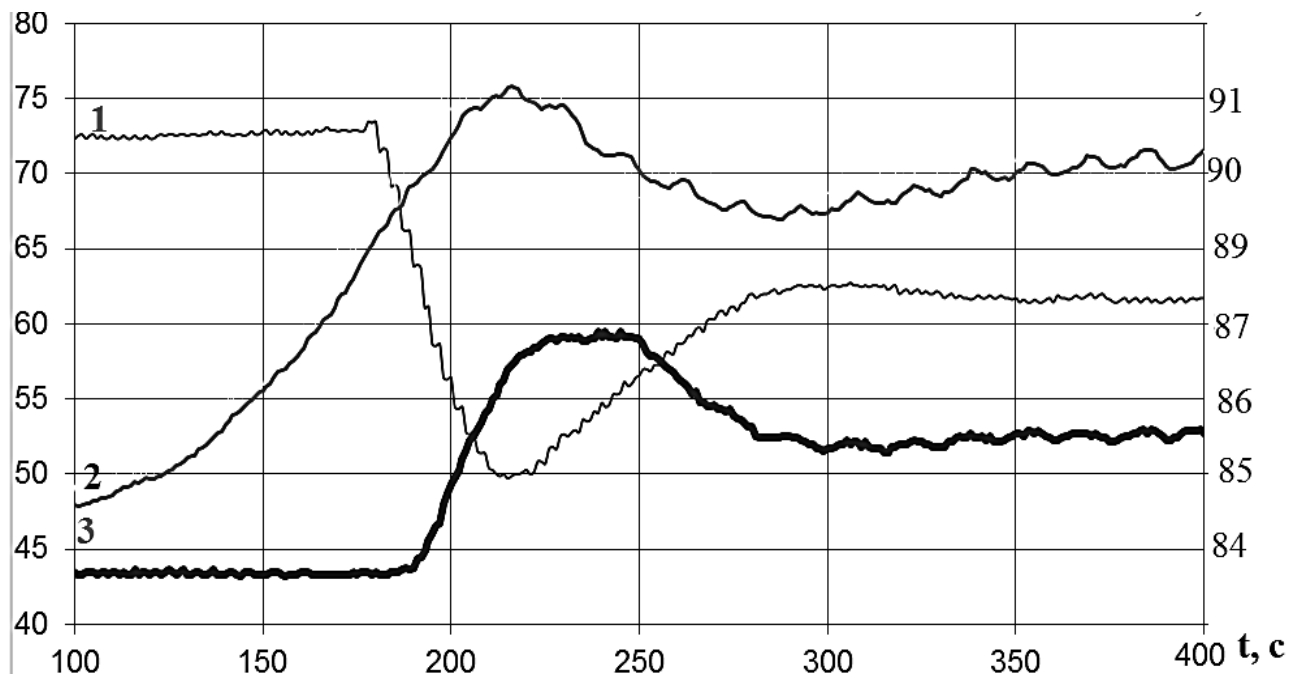


Рисунок 2 – Перераховані сигнали системи керування

- 1 – Сигнал датчика температури; 2 – ШІМ в % сигнал електричного насоса;  
3 – ШІМ сигнал нагрівального елемента термостата.

Оскільки одночасно відбулося перемикання на великий контур і одночасно була збільшена швидкість потоку охолоджувальної рідини що призвело до спаду температури з 90,5°C до 86°C після чого ситуація стабілізувалася. Електронний блок керування зменшив частоту обертання помпи й шпаруватість нагрівання термостата. З однієї сторони термостат не зміг на це зреагувати й миттєво прикрився. А от реакція помпи був однозначної потік охолодної рідини сповільнився і його температура стала рости. Але оскільки водяний насос не низив сильно своєї частоти обертання а лише частково змінив її в меншу сторону те й температура в сорочці охолодження двигуна не повернулася до колишньої встановилася на рівні 88 градусів. Можна зробити висновок що система працює й адекватно реагує на керуючий командний вплив. Для того щоб імітувати несправність було зроблено коротке замикання лінії керування термостатом на джерело живлення. У результаті чого сигнал на нагрівальному елементі термостата став постійним, елемент швидко нагрівся й перемістив шток термостата на максимальну величину убік відкриття великого контуру.

Якщо звернути увагу на сигнал виділений синім кольором позначені цифрою 3 на рисунку.3. то можна бачити його різку стрибкоподібна зміну через 180 секунд після початку проведення вимірів. Це і є момент імітації

несправності. Також можна звернути що паралельно із цим сам блок керування двигуном робив зміни зростання частоти обертання насоса. Але як тільки температура почала падати внаслідок більшого відкриття термостата й упала нижче припустимої величини блок керування двигуном компенсаторно припинив збільшувати частоту обертання насоса охолоджувальної рідини. З метою підвищення температура в блоці. Однак відкриття термостата було достатньо сильним і в сукупності з повітрям поданим для охолодження радіатора температура продовжувала падати далі. У результаті чого блок керування не став коректувати частоту обертання насоса а перейшов в аварійний режим і встановив шпаруватість, середню стосовно всіх режимів - 50% і записав помилку регулювання системи охолодної рідини у пам'ять блоку керування.

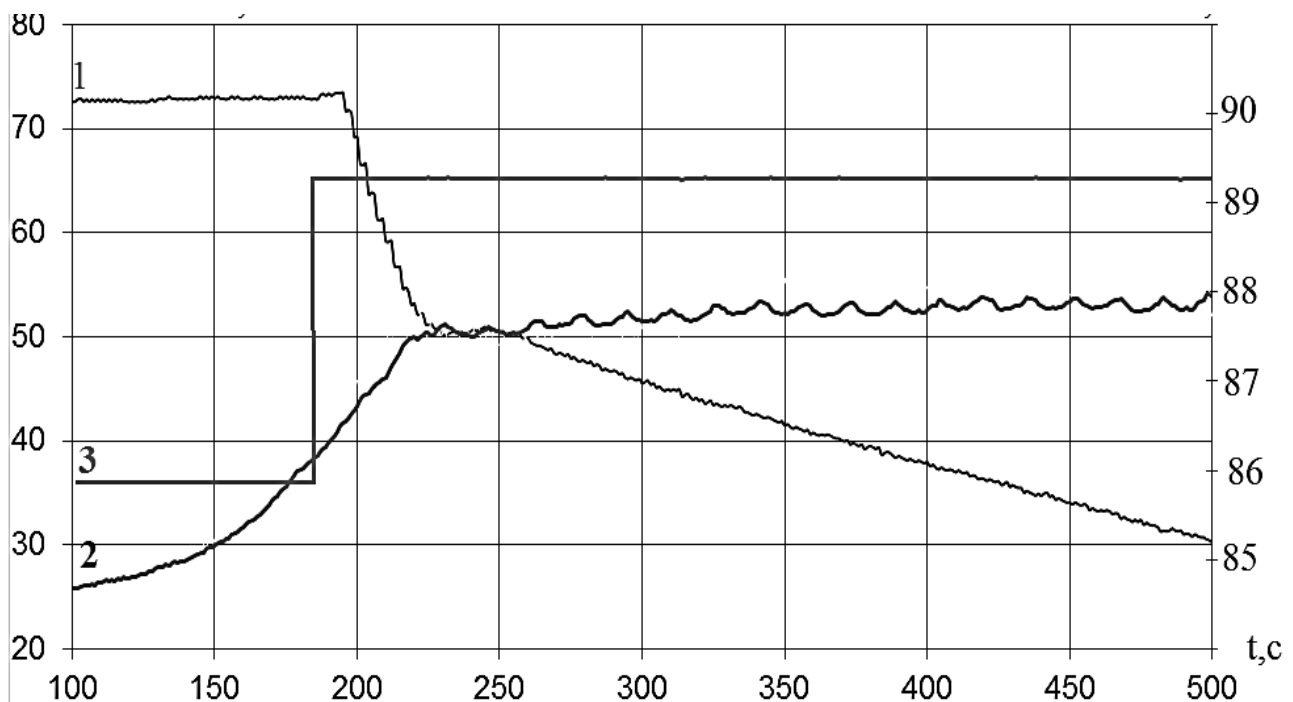


Рисунок 3 – Перераховані сигнали системи керування, несправність  
 1 – Сигнал датчика температури; 2 – ШИМ в % сигнал електричного насоса;  
 3 – ШИМ сигнал нагрівального елемента термостата.

### Література

1. Иванов И.Е., Шатров М.Г., Кричевская Т.Ю. Системы охлаждения поршневых ДВС. М.: МАДИ, 2015.–168 с.
2. Якубович А.И. и др. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Исследования, параметры и показатели Минск: БНТУ, 2014.– 300 с.