

10.31653/smf42.2021.111-115

Павлович В.М., кер. проф. Корбан В. Х.  
Національний університет «Одеська морська академія»

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОВІСТУ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО МАСТИЛА В КАРТЕРІ МАЛО ОБЕРТОВОГО ДИЗЕЛЯ**

### **Abstract**

Method of remote control of moisture content of circulating oil in crankcase of small recycled diesel engine is considered and analyzed, based on measurement of phase difference between orthogonal components of electromagnetic wave reflected from oil surface, which turns into voltage proportional to moisture content by volume of controlled oil in arber. The functional diagram of the moisture meter implementing the remote method, monitoring the moisture content of the circulating oil in the crankcase of the moloborous diesel engine is presented.

Key words: moisture content, circulating oil, the dielectric permeability, the difference of phases, orthogonal components of an electromagnetic wave, the reflected signal, emitted signal radiated and the accepted system, a moisture content analyzer.

### **Реферат**

В роботі розглянуто та проаналізовано метод дистанційного контролю вологовістості циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля, заснований на вимірюванні різниці фаз між ортогональними компонентами відбитої від поверхні мастила електромагнітної хвилі, яка перетворюється в напругу, пропорційну вологовістості за обсягом контрольованого мастила в картері.

Представлена функціональна схема вологоміра, що реалізує дистанційний метод контролю вологовістості циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля.

Ключові слова: вологовістості, циркуляційне мастило, діелектрична проникність, різниця фаз, ортогональні складові електромагнітної хвилі, відбитий сигнал, сигнал випромінюваний, випромінювана і приймальна система, НВЧ пристрій.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями**

Залежність різних параметрів радіохвильових датчиків від електромагнітних параметрів контрольованих об'єктів дозволяє отримати

інформацію про їх фізичні властивості. Радіохвильові методи і НВЧ пристрої, що їх реалізують, набули найбільшого розвитку і практичного застосування завдяки високій чутливості радіохвильових вологомірів в діапазоні СВЧ, можливості досягнення високої точності безконтактних вимірювань і інтегральної оцінки вологовмісту за обсягом контрольованої речовини.

Аналіз останніх досягнень і публікацій, в яких розпочато розв'язування даної проблеми та висвітлювання нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми

Питання теорії і застосування вологомірів викладені в багатьох наукових публікаціях і патентах [1-5]. Один з напрямків застосування радіохвильових методів для вологометрії заснований на відмінності діелектричної проникності води від діелектричної проникності циркуляційного мастила у картері малооборотного дизеля.

Однак розглянуті методи мають невисоку точність, так як на одержувані результати впливають неінформативні параметри - зміна температури, густини речовини, кута Брюстера і інше. Тому виникає необхідність в розробці радіохвильових методів та технічних засобів вологометрії, що забезпечують інваріантність результатів вимірювань до збурюючих факторів.

Формулювання мети статті (постановка задачі)

Метою даної роботи є обґрунтування методу і НВЧ вологоміра, заснованих на вимірюванні різниці фаз між ортогональними компонентами відбитої від поверхні циркуляційного мастила електромагнітної хвилі в картері малооборотного дизеля, в залежності від змінювання діелектричної проникності мастила.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Наявність вологи в циркуляційному мастилі картера дизеля відображається на зміні його діелектричної проникності  $\epsilon$  по відношенню до значення діелектричної проникності безводного циркуляційного мастила.

Наявність вологи в циркуляційному мастилі відображається на значеннях як дійсної  $\epsilon'$ , так і мінімальної  $\epsilon''$  частин його діелектричної проникності  $\epsilon = \epsilon' - i\epsilon''$ .

Вологовміст  $W$  в діапазоні НВЧ є лінійною функцією  $\epsilon'(W)$  -1 і  $\epsilon''(W)$  і не залежить від щільності циркуляційного мастила в картері.

Розглянемо зв'язок діелектричної проникності циркуляційного мастила з різницею фаз між ортогональними складовими відбитої від поверхні мастила електромагнітної хвилі 3,2 см діапазону, з урахуванням їх коефіцієнта відбиття  $m = \eta - j\rho$  (дійсної та мінімальної частин). Встановимо зв'язок коефіцієнтів відбиття  $\eta$  і  $\rho$  з діелектричними проникностями  $\varepsilon'$  і  $\varepsilon''$  циркуляційного мастила:

$$\eta = \sqrt{\frac{\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{2}} \quad (1)$$

$$\rho = \sqrt{\frac{-\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{2}} \quad (2)$$

Тоді різниця фаз між ортогональними компонентами  $E_x$  і  $E_y$  відбитої від поверхні циркуляційного мастила електромагнітної хвилі запишеться у вигляді:

$$\varphi = \arctg \frac{\rho}{\eta} = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{2}}}{\sqrt{\frac{-\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{2}}} = \arctg \frac{\frac{\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{2}}{\frac{-\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{2}} = \frac{\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}}{-\varepsilon' + \sqrt{(\varepsilon')^2 + (\varepsilon'')^2}} \quad (3)$$

У діапазоні температур циркуляційного мастила від 0°C до 40°C  $\varepsilon'$  змінюється від 45,08 до 65,81, а  $\varepsilon''$  від 41,31 до 21,02 або в перерахунку на коефіцієнти відбиття, їх значення змінюються від 7,9 до 8, 21 для  $\eta$  і від 2,83 до 1,28 для коефіцієнта  $\rho$ .

Різниця фаз між ортогональними компонентами відбитої від поверхні циркуляційного мастила електромагнітної хвилі є однозначною функцією вологовмісту мастила. Зазначена різниця фаз практично не буде залежати від змінювання температури циркуляційного мастила в картері дизеля, оскільки при її змінюванні фази ортогональних амплітуд  $E_x$  і  $E_y$  змінюються однаково. Оскільки на виході пристрою НВЧ вимірюється напруга  $u$  відповідна різниці фаз  $\varphi$ , то розглядаючи відношення  $\Delta\varphi / \Delta u$ , як функцію від  $W$ , можна отримати шуканий процентний вологовміст циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля, тобто

$$W = \frac{\Delta\varphi}{\Delta u} \% \quad (4)$$

Для реалізації дистанційного методу контролю вологовмісту циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля розроблена і проаналізована функціональна схема НВЧ пристрою, яка представлена на рис.1.

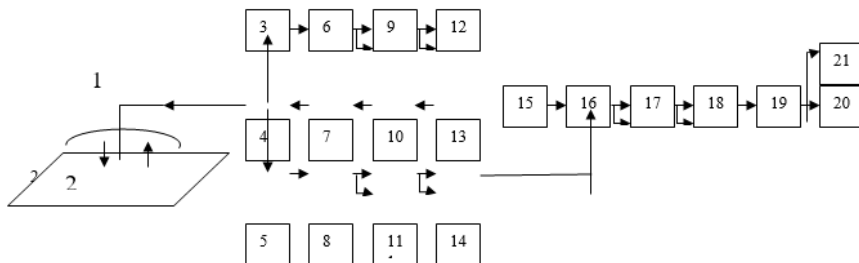


Рис.1. Функціональна схема НВЧ пристрою для дистанційного контролю вологовмісту циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля де:

1 - приймально-передавальна антена; 2 - опромінювана поверхня циркуляційного мастила в картері дизеля; 3, 5 - антенні перемикачі, 4 - поляризаційний селектор; 6, 8 - приймачі ортогональних компонент відбитої хвилі; 7 – циркулятор; 9, 11, 12, 14, 15 - формувачі обмежувачі; 10 – модулятор; 13 - генератор СВЧ; 16 - фазовий детектор; 17, 18 – інвертори; 19 – диференційний підсилювач; 20 - дисплей комп'ютера; 21 - реєстратор.

Робота НВЧ пристрою відбувається наступним чином. Генератор НВЧ 13 генерує синусоїдальні коливання високої частоти, які модулятором 10 модулюються в імпульси певної тривалості і частоти повторення, які через циркулятор 7 і поляризаційний селектор 4 надходять на антену 1 і випромінюються на поверхню 2 циркуляційного мастила в картері дизеля.

Відбиті від поверхні мастила дві ортогональні складові електромагнітної хвилі з певною різницею фаз  $\varphi$  між ними в залежності від діелектричної проникності  $\varepsilon$  мастила, надходять на вхід антени 1 і через поляризаційний селектор 4, антенні перемикачі 3 і 5 на приймачі 6 і 8, де відбувається їх посилення і перетворення в чистоту 4 мГц.

З виходу приймачів 6, 8 відбиті сигнали ортогональних компонент  $E_x$  і  $E_y$  електромагнітної хвилі надходять на каскади 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18 формування різниці фаз  $\varphi$  між ними і перетворення її в постійну напругу  $u$ . З виходу диференційного підсилювача 19 постійна

напряга, відповідна різниці фаз між ортогональними складовими відбитою від поверхні мастила електромагнітної хвилі і яка відповідає вологовмісту мастила в картері дизеля, надходить на реєстратор 21 постійної напруги і дисплей комп'ютера 20.

### **Висновки і перспектива подальшої роботи за даним напрямком**

1 Розглянута методика і пристрій дистанційного контролю вологовмісту циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля.

2 Вимірювання вологовмісту мастила засноване на залежності різниці фаз між ортогональними складовими відбитою від поверхні мастила електромагнітної хвилі.

3 Розглянутий пристрій дозволяє здійснювати автоматичний дистанційний контроль вологовмісту циркуляційного мастила в картері малооборотного дизеля.

### *СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ*

1.Kraszewski A.Microwave agumetry - abibliograhу 1955-1979//journal of Microwave Power.1980.Vol.15,№4.P298-310

2.Бензарь В.К. Техника СВЧ влагометрии /В.К. Бензарь. - Минск: Высшая школа,1974. - 153 с.

3. Берлинер М.А. Новые разработки в области СВЧ измерений влажности материалов / М.А. Берлинер, А.А. Демьянова, Л.Г. Мало-рацкий и др. // Приборы и системы управления. -1974. - №9. - С. 22-25.

4. Крачевский Е.С. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов / Е.С. Крачевский, А.Г. Волченко, С.С.Галушкин. - М.: Энергоатомиздат,1987. - 130 с.

5.Европейский пат.0069969,МКИ<sup>4</sup>:GOI №22/00, GOI №33/22.Microwave alcohol fuel sensor/К.Кimura,А.Endo,Т.Shibata,Н.Morozumi. 1982.