

# Визначення ультразвукової проникності пакету листів електротехнічної сталі

Я.В. Грень<sup>1</sup>, В.І. Роман<sup>2</sup>

*Анотація* – In this work the analysis of compaction of the stator sheet at warp speed passing through them by means of ultrasonic wave pulse testing.

*Ключові слова* – ультразвукова проникність, ультразвукова діагностика, осердя статора.

## I. ВСТУП

Ультразвуковий метод оцінки степені запресування листів активної сталі осердь статорів електричних машин є одним з найбільш перспективних, оскільки, дозволяє за один раз оцінити стан зубця в межах одного пакету та не загрожує міжлистовій ізоляції. Цей метод базується на залежності часу проходження ультразвукового імпульсу через пакет від ступеню їхньої запресованості [1]. Практичне використання ультразвукового методу виявило низку його недоліків та неправильність прийнятих припущень. Зокрема, показало нелінійність залежності часу проходження ультразвукового імпульсу через пакет від товщини пакету. В роботі досліджується залежність часу проходження ультразвукового імпульсу через пакет ізольованих листів електротехнічної сталі від його параметрів з метою вдосконалення методу.

## II. ДОСЛІДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ПРОНИКНОСТІ

Для досліджень використано пакет електротехнічної сталі ізольованих оксидною плівкою з 104 листів 158x24 мм товщиною 0.3мм. Листи пакету між собою не скріплені. Зовні пакет звукоізольований від затискного пристрою шаром електротехнічного картону, щоб усунути вплив відбивання імпульсу в затискному пристрої на результати вимірювання. Тиск на пакет становив 665.7 Н/см<sup>2</sup>.

Для генерації ультразвукового імпульсу та сприйняття відгуку використано п'єзOMETричний перетворювач П111-0.06-ПЗ.1 частотою 60 КГц.

Листи з яких складається пакет не є ідеально плоскими і без прикладення стороннього зусилля не щільно прилягають один до одного. Це обумовлює залежність товщини зпресованого пакету від зусилля стиску, яка показана на рис. 1. Різниця товщини для виступу понад 10 мм, а це відстань від верху зубця до кінця розпірки вентиляційного каналу турбогенератора ТГВ-200, складає понад 1.5%, що може мати значний вплив на результати вимірювання часу проходження імпульсу, який є мірою запресування пакету відповідно до [1, 2].

На рис. 2 представлені залежності часу проходження імпульсу через пакет в залежності від кількості пластин в пакеті. Результатам вимірювань у пункті 1 (рис. 5, верхня

частина пакету) відповідає крива 1, а пункту 2 (біля губок затискного пристрою), відповідно, крива 2. Як видно з

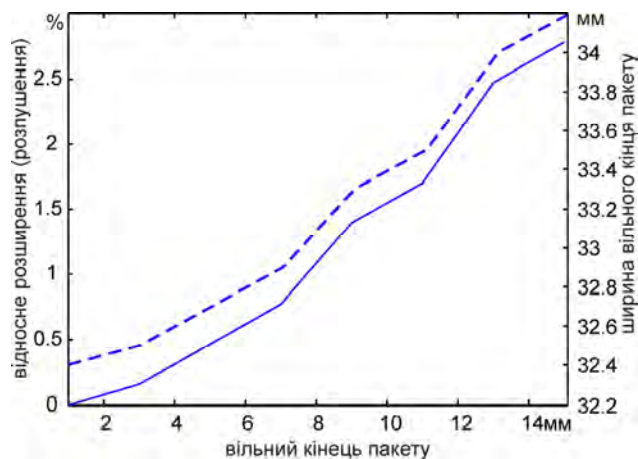


Рис. 1. Залежність розпушення пакету від його виступу за губки затискного пристрою

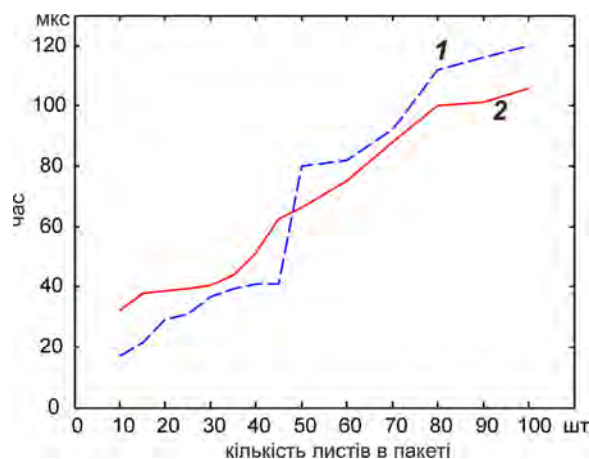


Рис. 2. Залежність часу проходження ультразвукової хвилі від кількості пластин в пакеті: 1 – на вільному кінці, 2 – біля губок затискного пристрою

рисунок крива 1 має значний перепад в проміжку 45-50 листів, що свідчить про розрив функціональної залежності часу проходження імпульсу через пакет по вільній поверхні від кількості листів пакету. В цей же час залежність час проходження імпульсу біля губок затискного пристрою має форму близьку до лінійної.

<sup>1</sup> Доцент каф. АТХП, НУ «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: hyarko@polynet.lviv.ua

<sup>2</sup> Магістрант каф. АТХП, НУ «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: roman\_vitaliy@ukr.net

Відхилення від лінійності спричинені людським фактором – неоднаковість куту нахилу встановлення давачів та сили натиску шупів на пакет.

При тривалому часі експлуатації електричної машини листи у верхній частині зубця загинаються навколо розпірки вентиляційного каналу, а отже, час проходження імпульсу залежатиме від місця встановлення давача по ширині пакету. На рис. 3 показана експериментальна залежність часу проходження імпульсу від розташування шупу по ширині експериментального пакету. З неї видно, в середній частині пакету імпульс проходить швидше ніж в крайніх частинах. Ця картина характерна для різних ступенем стиску пакету. Істотним чином на час проходження імпульсу впливають дефекти поверхні. Так поверхневий забій збільшив час проходження імпульсу в середній частині (штрих-пунктирна лінія рис. 3).

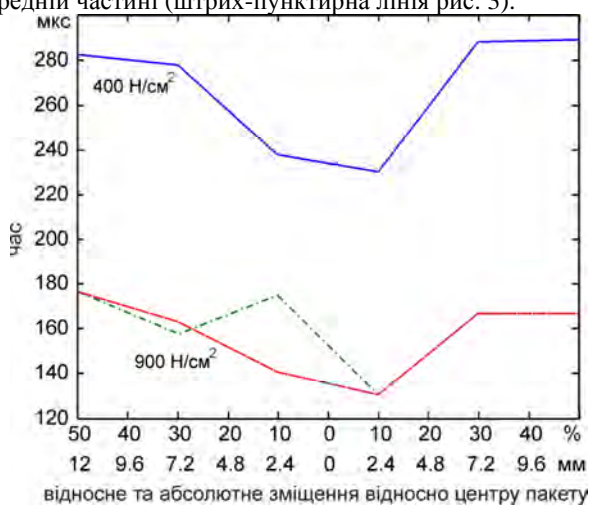


Рис. 3. Залежність часу проходження ультразвукової хвилі для пакету із 104 пластин з двома різними ступенями стиску

Сила запресування пакету істотним чином впливає на час проходження імпульсу (рис. 4), при цьому місце встановлення давачів по ширині пакету має значення тільки при тиску до 400 Н/см<sup>2</sup> та практично не впливає на час проходження імпульсу при вищих тисках.

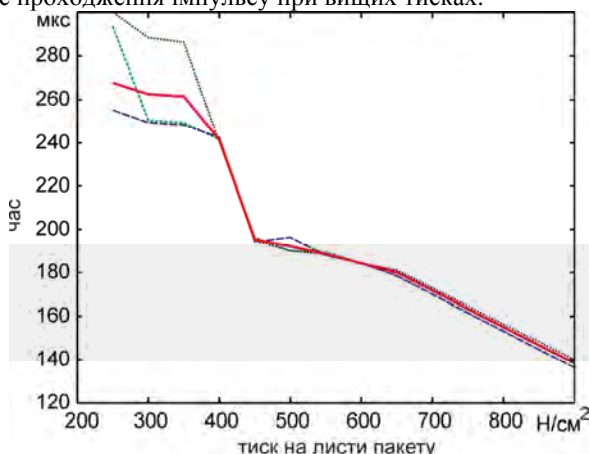


Рис. 4. Залежність часу проходження ультразвукової хвилі через експериментальний пакет в залежності від величини стиску пакету

Залежність часу проходження імпульсу від величини запресування (тиску) має нелінійний характер та стрибкоподібно змінюється після тиску 400 Н/см<sup>2</sup>. При менших тисках результати вимірювання мають вищу дисперсію.

При тиску меншому за 250 Н/см<sup>2</sup> провести вимірювання не вдається імпульс не розходить через пакет.

### III. ВИСНОВОК

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що час проходження імпульсу через пакет не є параметром який однозначно відображає стан запресування пакету. Результати вимірювання значно залежать від навиків персоналу та стану активної сталі – цілісності ізоляції листів сталі, геометричних параметрів крайніх листів, стану лакофарбового покриття поверхні та її дефектів, які істотно відрізняються для діагностованого устаткування.

Метод [1, 2] не враховує нелінійності залежності часу проходження імпульсу через пакет від товщини пакету.

За часом проходження імпульсу через пакет не можливо оцінити стан міжлистової ізоляції, що в свою чергу унеможливує застосування заходів щодо припинення його погіршення.

При виконанні досліджень "вручну" результат залежить від куту нахилу шупу давачів до пакету та сили з якою оператор притискає давач до пакету.

Оцінку стану запресування листів активної сталі доцільно проводити не за часом проходження імпульсу через пакет, а на основі аналізу сигналу відгуку. Для усунення впливу людського фактору на результати вимірювань, доцільним є створення роботизованого комплексу подібного до [3].

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Пикульский В.А., Бутов А.В. Ультразвуковой метод оценки состояния плотности пресовки активной стали статора турбогенератора. – Электрические станции, 1993, №3.
- [2] Бутов А.В., Каплин В.Н., Крилов М.П., Пикульский В.А. Использование современных методов диагностики сердечников статоров при проведении ремонтных турбогенераторов ТЭЦ-22. – Электрические станции, 2000, №11
- [3] Deiley G.F., Bauer J.A., Fisher M.W. System and method for testing electrical generators // United States Patent №5,557,216, Sep. 17, 1996/