

1. Ключников А.Д., Иванов Г.П. Теплопередача излучением в огнетехнических установках. – М., 1970. 2. Сосонкин О.М., Шишимиров М.В. Анализ факторов, влияющих на угар металла в дуговой сталеплавильной печи // *Электротехнология*. – 2002. – № 12 – С. 12–15. 3. Пат. України №50160А. Пристрій для регулювання потужності трифазної дугової електропечі / О.Ю. Лозинський, А.О. Лозинський, Я.Ю. Марущак, Р.Я. Паранчук, Я.С. Паранчук. – Опубл. в бюл. ПВ №10, 2002. 4. Лозинський О.Ю., Марущак Я.Ю., Паранчук Я.С., Уханська Д.В. Стабілізація потужності дуг в електродугових печах за допомогою гіперболічного закону керування струмом дуги // *Науч. тр. Кременчугского государств. политехн. ун-та «Проблемы создания новых машин и технологий»*. – 2001. – Вып. 1(10). – С. 193–197. 5. Лозинский О.Ю., Костинюк Л.Д., Паранчук Я.С., Перевознюк В.Я., Сметанюк Я.Б. Автоматизированное распознавание технологических стадий равления шихты // *Электротехника*. – 1986. – № 9. – С. 39–42.

УДК 621. 3. 01

Р.А. Пеленський

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теоретичної та загальної електротехніки

ЕЛЕМЕНТИ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СКЛОВИРОБІВ

© Пеленський Р.А., 2003

Досліджено процеси проходження електромагнітних хвиль через діелектричне середовище з неоднорідностями у вузькому приповерхневому шарі. Побудована математична модель цих процесів як елемента електричної системи комп'ютерного томографа для діагностики стану скляних виробів.

Studied in the paper are processes of the penetration of electromagnetic waves through dielectric media with the impurities in the narrow layer close to the surface. A mathematical model of these processes as an element of the electric system of the computer tomograph for the diagnostics of the state of glass objects has been construed.

Проблема дослідження

Стан спрацювання матеріалів є надзвичайно актуальним при розв'язанні практичних задач довготривалої експлуатації виробів.

Аналіз останніх досліджень

Дослідження, проведені заграничними фірмами (фірма Сименс Гальске, Інститут інтроскопії в Росії) засвідчують той факт, що основна увага дослідників сконцентрована на діагностиці процесів зношення металевих виробів [1]. Діелектричні вироби типу скла мають ту специфіку, що на міцність виробів впливає стан приповерхневого шару. Проведення досліджень у цьому руслі скероване на розв'язання невирішених раніше частин загальної проблеми діагностики стану виробів.

Мета роботи

Метою роботи є побудова математичної моделі процесів проходження плоскої електромагнітної хвилі через діелектричні середовища, що містять у приповерхневому шарі

мікродфекти різних розмірів, концентрації та глибини залягання, а також розробка вимірювальних схем та методів дослідження стану спрацювання скловиробів від дії механічних навантажень.

Побудову математичних моделей процесів взаємодії електромагнітних хвиль з неоднорідним діелектричним середовищем в межах макроскопічних уявлень можна здійснити на основі положень класичної електродинаміки:

$$[\nabla \bar{H}] = -\frac{\partial \bar{D}}{\partial t} ; \quad (1)$$

$$[\nabla \bar{E}] = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} , \quad (2)$$

де \bar{H} та \bar{E} – вектори напруженостей магнітного та електричного полів; \bar{D} та \bar{B} – вектори електричної та магнітної індукції.

Якщо перетворювач засилає в діелектричне середовище синусоїдну хвилю, для аналізу процесів проходження хвилі в середовищі можна використати комплексний метод. Тоді рівняння (1)-(2) приймають вигляд

$$[\nabla \bar{H}] = j\omega \bar{D} ; \quad (3)$$

$$[\nabla \bar{E}] = -j\omega \bar{B} , \quad (4)$$

де ω – кутова частота гармонічного процесу.

Під дією механічних напружень в склі з'являються мікродфекти. Внаслідок чого змінюється структура речовини, що приводить до зміни обох складових діелектричної проникності речовини ϵ' та ϵ'' . Зв'язок між векторами \bar{D} і \bar{E} можна записати в комплексній формі

$$\bar{D} = (\epsilon' - j\epsilon'')\epsilon_0 \bar{E} , \quad (5)$$

де ϵ' та ϵ'' - активна та реактивна складові відносної діелектричної проникності речовини; ϵ_0 – її абсолютна діелектрична проникність.

Зв'язок між векторами \bar{B} і \bar{H} для скла можна виразити через абсолютну магнітну проникність вакууму μ_0

$$\bar{B} = \mu_0 \bar{H} . \quad (6)$$

Тоді рівняння електромагнітної хвилі у склі приймає вигляд

$$[\nabla \bar{H}] = j\omega(\epsilon' - j\epsilon'')\epsilon_0 \bar{E} , \quad (7)$$

$$[\nabla \bar{E}] = -j\omega\mu_0 \bar{H} . \quad (8)$$

Застосуємо операцію rot до рівняння (8) і підставимо отриманий вираз в рівняння (7). Тоді:

$$[\nabla[\nabla \bar{E}]] = \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 (\epsilon' - j\epsilon'') \bar{E} \quad (9)$$

На основі відомого співвідношення векторного аналізу

$$[\nabla[\nabla \bar{E}]] = \nabla(\nabla \bar{E}) - \nabla^2 \bar{E} , \quad (10)$$

з урахуванням, що $(\nabla \bar{E})$ можна прийняти, такими що дорівнюють нулю, бо застосована додаткова операція диференціювання, для знаходження вектора, отримуємо рівняння

$$\nabla^2 \bar{E} + \omega^2 \mu_0 \epsilon_0 (\epsilon' - j\epsilon'') \bar{E} = 0 . \quad (11)$$

Характеристичний параметр цього рівняння приймає значення

$$\lambda = \pm \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} \sqrt[4]{\epsilon'^2 + \epsilon''^2} \exp\left(j\left(90^\circ - \arctg \frac{\epsilon''}{\epsilon'}\right)\right) . \quad (12)$$

Міцність скла залежить від дефектоутворень в його вузькому приповерхневому шарі, зумовленому втотою матеріалу під дією механічних навантажень.

У цьому вузькому приповерхневому шарі хвиля, яку засилає перетворювач, повинна в достатній мірі затухати. Тоді будуть створені умови для виявлення за її допомогою дефектоутворень. Враховуючи це здійснюється підбір частоти хвилі. Якщо досліджувати процеси в вузькому приповерхневому шарі скла глибиною частки міліметра, то потрібно засилати від перетворювача сигнали сотні кілогерц.

Враховуючи, що в основному затухання хвилі відбувається в вузькому приповерхневому шарі скла, процеси взаємодії хвилі з середовищем можна розглядати для найростішого випадку напівбезмежного середовища. Проходячи в це середовище, хвиля затухає згідно з експоненціальним законом:

$$\bar{E} = \bar{E}_0 \exp(-\lambda z) , \quad (13)$$

де \bar{E}_0 – значення напруженості електричного поля на поверхні середовища. З віддаленням від перетворювача \bar{E}_0 затухає пропорційно $1/r$, де r – віддаль від осі перетворювача.

Густина струмів, що наводяться в склі, становить величину:

$$\bar{\delta}_3 = j\omega(\epsilon' - j\epsilon'')\epsilon_0 \bar{E} . \quad (14)$$

Струм середовища, зумовлений дією електромагнітної хвилі, знаходимо за допомогою подвійного інтеграла:

$$\dot{I}_2 = \int_a^b \int_0^h \bar{\delta}_3 \partial r \partial z , \quad (15)$$

де верхні границі інтеграла b та h вибираються з умов необхідної точності моделювання.

Струм \dot{I}_2 нетрудно перерахувати в первинне коло перетворювача, в якому вимірюються прирости первинного струму, зумовлені наявністю мікродефектів.

Однорідне середовище характеризується певною діелектричною проникністю, йому властивий невеликий коефіцієнт діелектричних втрат. Поява мікродефектів у середовищі сильно впливає на процеси поляризації діелектрика, внаслідок чого змінюється діелектрична проникність і сильно зростає коефіцієнт діелектричних втрат. Середовища з однорідно розподіленими мікродефектами можна охарактеризувати сімействами характеристик, що відображають залежності діелектричної проникності та коефіцієнта діелектричних втрат в функції концентрації мікродефектів та їх усереднених розмірів.

Якщо розподіл мікродефектів здійснюється за експоненціальним законом, параметри середовища ϵ' та ϵ'' стають залежними від координати Z . Затухання хвилі при проходженні через середовище стає нерівномірним. Тоді рівняння (10)–(15) слід розв'язувати числовими методами. Отримуємо залежності приростів активної та реактивної складових струму в функції концентрації мікродефектів та їх усереднених розмірів при різних законах їх

розподілу в середовищі. На основі інтегральних величин – приростів струму встановлюються параметри мікродефектів та їх розподіл.

Задачею механіки руйнування є встановлення можливостей подальшої експлуатації досліджуваного об'єкта. На жаль, на сучасному етапі базою для прогнозування довготривалості роботи виробу є в основному емпіричні співвідношення, отримані на основі експерименту. Одержання наборів розподілів мікродефектів та їх усереднених розмірів є досить проблематичним.

Наявності мікродефектів в приповерхневих шарах скла відповідають зміни струму, що живить перетворювач. Для вимірювань малих змін струму найбільше підходять диференціальні методи вимірювань [2]. Створюється два рівноцінних канали з однаковими перетворювачами. В одному з них в якості досліджуваного об'єкта – спрацьоване через довготривалі механічні навантаження скло, в другому – скло тієї ж марки, в якому практично відсутні дефекти, зумовлені механічними навантаженнями. Віднімаємо напруги на однакових резисторах (рис 1). Різниця цих напруг пропорційна приросту струму, викликаному наявністю дефектів в приповерхневому шарі скла.

Для гальванічного роз'єднання каналу енергопостачання перетворювача, що засилає електромагнітну хвилю в досліджуваний об'єкт, з інформаційним каналом пропонується вимірювальна схема на трансформаторах струму (рис. 2). Для успішної роботи схеми потрібно використати строго ідентичні трансформатори. Число витків первинної та вторинної обмоток трансформаторів повинно бути якомога більшим.

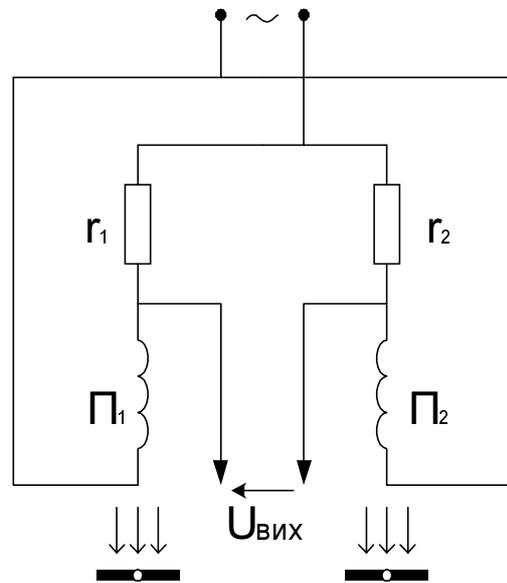


Рис. 1. Диференціальна вимірювальна схема

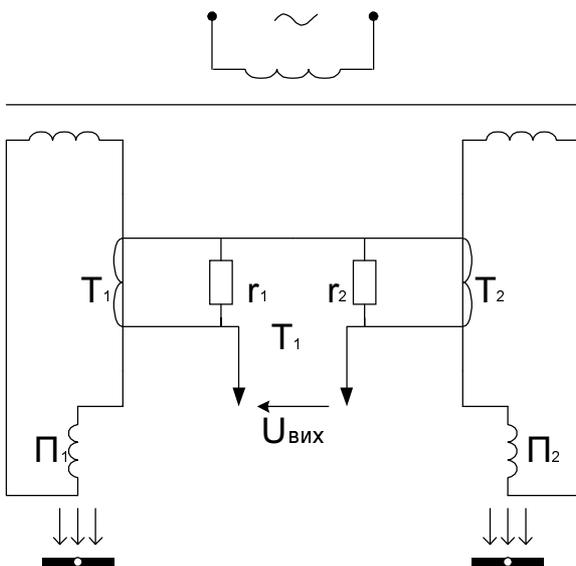


Рис. 2. Диференціальна вимірювальна схема на трансформаторах струму

Залежно від характеру та тривалості навантажень виникає різна структура дефектів: концентрація дефектів, їх розміри та глибина залягання. Щоб розпізнавати структуру дефектів схема, зображена на рис.1, повинна живитись від джерела, що забезпечує подавання на перетворювач трьох різних частот.

Для комп'ютерного розпізнавання картини дефектів для прогнозування можливостей подальшої експлуатації об'єкта досліджень на основі інтегральних характеристик (залежностей приросту струму перетворювача від стану приповерхневого шару скла на різних частотах) необхідні номограми залежностей характеристик дефектів від параметрів механічних навантажень.

Висновки

Основні результати проведених досліджень полягають в розробці математичної моделі процесів проходження електромагнітних хвиль через діелектричні середовища з урахуванням їх взаємодії з мікротріщинами та дефектами, зумовленими спрацюванням виробів під дією навантажень. Крім того, розроблені диференціальні вимірювальні схеми та методи.

Подальші дослідження спільно з фахівцями в галузі механіки руйнування та деградації характеристик виробів дозволять прогнозувати можливості та довготривалість подальшої їх експлуатації.

1. Белокур И.П., Коваленко В.А. Дефектоскопия материалов и изделий. – К., 1989.
2. А. с. № 191154. Устройство для электрического измерения механических величин / Р.А. Пеленский, В.А. Кочан. – 17.11.1966, Бюл. № 3, 1967.

УДК 621.314.27

О.Г. Плахтина, А.С. Куцик, В.Д. Йовбак

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електропривода автоматизації промислових установок

СПОСІБ ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ НАПРУГОЮ ЖИВЛЕННЯ ФАЗНОГО РОТОРА АСИНХРОННОЇ МАШИНИ

© Плахтина О.Г., Куцик А.С., Йовбак В.Д., 2003

Описано спосіб векторного керування асинхронною машиною, при якому керування здійснюється напругою живлення фазного ротора, що формується вентильним перетворювачем. Наведено результати математичного моделювання процесів у системі, де реалізовано такий спосіб керування.

The manner of vector control of induction machine, when the phase rotor voltage is controlled, is proposed. The research results the processes in the system with proposed control principle are presented.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень

Напруга живлення статора асинхронної машини з фазним ротором (АМФР) задає її магнітний потік на основі формули

$$U = 4.44w \cdot k_w \Phi \cdot f_1 \quad (1)$$