

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ЧАСОВИМ НАДАнням ІНФОРМАЦІЇ

Анотація

Проведено аналіз фізичних процесів, що лежать в основі роботи вимірювального перетворювача з часовим наданням інформації. Розроблена математична модель, що описує процес загасання вільних коливань, збуджених в LC-контурі ПВП, проведено аналіз та оцінка дії зовнішніх факторів, що впливають на результати вимірювання.

Ключові слова: частота, вимірювальний перетворювач, вимірювальна інформація, вільні коливання, математична модель, LC-контур.

Abstract

The analysis of the physical processes underlying the work of the measuring converter with time information provision is made. The mathematical model describing the process of damping of free oscillations excited in the LC circuit of sensor is developed, the analysis and estimation of the influence of external factors influencing the results of measurements are made.

Keywords: frequency, measuring transducer, measurement information, free oscillations, mathematical model, LC-circuit.

Будова вимірювальних перетворювачів, заснованих на методі збудження в електропровідній основі вимірювального об'єкту вихрових струмів [1-3] заснована на процесі передачі енергії в коливальному контурі, який може мати різний характер. У залежності від співвідношення активного та характеристичного (хвильового) опору контуру періодичний (коливальний) процес може перетворюватися на аперіодичний. Але не залежно від того, який характер носить перехідний процес у контурі, стала часу залишається незмінною для визначених параметрів.

Для проведення досліджень було обрано наступні характеристиками об'єкту вимірювального контролю:

жерсть консервна ЧЖК, ГЖК, ЕЖК, ЕЖК-Д;
товщина діелектричного покриття l , мкм 10 – 200;
матеріал металевої основи сталь марок 08КП, 08ПС, 10КП, 10ПС;
питома електрична провідність матеріалу основи σ , См/м $6,8 \cdot 10^6$;

В якості зовнішніх факторів, які можуть суттєво впливати на результат вимірювального контролю, вибрані наступні:

- розкид параметрів матеріалу металевої основи таких як: магнітна проникність пластини μ , питома електропровідність матеріалу пластини σ , товщина пластини h ;
- нестабільність параметрів коливального контуру зумовлена зміною температури зовнішнього середовища.

Для проведення аналізу використано наступні параметри котушок індуктивності первинного вимірювального перетворювача відповідно (L1, L2, L3):

- індуктивність котушок 122 мкГн, 520 мкГн, 1000 мГн;
- активний опір котушок 2.0 Ом, 3.7 Ом, 4.6 Ом;
- еквівалентний діаметр котушок 7 мм, 8 мм, 9 мм.

Для кожної котушки значення коефіцієнта взаємоіндукції M_0 визначалися експериментально. Для цього використана експериментальна установка, принципова схема якої наведена на рис. 2.2. Проведені дослідження у діапазоні частот генератора синусоїдальної напруги від 5 кГц до 50 кГц. Усереднені значення результатів експерименту для котушок з різними параметрами у вигляді залеж-

ності коефіцієнта взаємоіндукції котушки та її дзеркального відображення від частоти напруги живлення приведені на рис. 2.3. Суттєва зміна коефіцієнта взаємоіндукції спостерігається при зміні частоти напруги живлення в діапазоні від 5 кГц до 50 кГц, тому для теоретичного дослідження визначалось середнє значення коефіцієнта M_0 з визначеного діапазону частоти напруги живлення.

Для визначення коефіцієнту M_0 за результатами експерименту визначалося амплітудне значення напруги в другому контурі. Результати експерименту приведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Амплітудні значення напруги в другому контурі при зміні частоти напруги живлення від 5 кГц до 50 кГц

f , кГц	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$e_2 (L1)$, мВ	25.0	25.0	30	32.5	35.0	40.0	40.5	41.1	41.4	41.7
$e_2 (L2)$, мВ	22.5	22.7	25.9	27.5	30.0	35.0	35.2	35.8	36.1	36.3
$e_2 (L3)$, мВ	21.3	22.1	24.8	27.0	29.0	32.0	32.2	32.7	32.9	33.1

Для теоретичних досліджень за значення коефіцієнту взаємоіндукції вибиралось середнє значення. За результатами експерименту отримали наступні значення коефіцієнтів взаємоіндукції:

- для $L1$ коефіцієнт взаємоіндукції $M_0 = 0,40$ мГн;
- для $L2$ коефіцієнт взаємоіндукції $M_0 = 0,36$ мГн;
- для $L3$ коефіцієнт взаємоіндукції $M_0 = 0,34$ мГн.

Вибір оптимальної частоти вимірювального перетворювача проводився за умови забезпечення максимальної чутливості первинного вимірювального перетворювача в діапазоні зміни товщини діелектричного покриття від 0 мкм до 200 мкм. Для забезпечення максимальної чутливості при відсутності зовнішніх збурюючих факторів необхідно забезпечити максимальне значення внесеного опору при зміні товщини покриття на 1%, а відповідно максимальне значення приросту часу загасання збуджених вільних коливань.

Наведені дані теоретичних досліджень свідчать про те, що оптимальна частота коливального контуру вимірювального перетворювача залежить від параметрів котушки індуктивності вимірювального перетворювача. Так, для індуктивного первинного перетворювача 122 мкГн частоту з діапазону 170–400 кГц можна вважати оптимальною. Зі збільшенням індуктивності до 1000 мкГн оптимальна частота зростатиме, а оптимальне значення буде в межах 340–750 кГц. У той же час абсолютне значення коефіцієнта підсилення часу згасання коливань також залежить від параметрів індуктивності коливального контуру і збільшується зі збільшенням його індуктивності. Так, при використанні індуктивності $L1 = 122$ мкГн, при еквівалентному діаметрі котушки 7 мм, абсолютне значення коефіцієнта підсилення коливання становить 260 мкс.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорофеев А.Л. Вихревые токи / А.Л. Дорофеев. – М.: «Энергия», 1977. – 72 с.
2. Дорофеев А. Л. Индукционная толщинометрия / А. Л. Дорофеев, А.И. Никитин, А.Л. Рубин. – М.: Энергия, 1978. – 184 с.
3. Герасимов В.Г. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий / В.Г. Герасимов, В.В. Клюев, В.Е. Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с., ил.

Овчинников Костянтин Вячеславович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації і інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет

Ovchynnykov Kostianyn V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Automation and Intelligent Information Technology department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia