

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ В ПОВІТРЯНОМУ ЗАЗОРІ ЛІНІЙНОГО СИНХРОННОГО ДВИГУНА З МАГНІТНИМ ПІДВІСОМ

Описано стенд для випробування лінійного синхронного двигуна з магнітним підвісом та представлено результати експериментального дослідження розподілу магнітної індукції в повітряному зазорі такого двигуна.

Описан стенд для испытания линейного синхронного двигателя с магнитным подвесом и представлены результаты экспериментального исследования распределения магнитной индукции в воздушном зазоре такого двигателя.

ВСТУП

Застосування віброзанурювачів при зануренні будівельних конструкцій (паль, шпунтів, труб, балок тощо) у ґрунт є актуальним [1]. У більшості таких вібраторів у якості збуджувача коливань використовуються асинхронні двигуни. Процес занурення будівельних конструкцій у ґрунт здійснюється, як правило, при певній резонансній частоті виконавчої системи. Резонансна частота системи занурювання залежить від конструктивних параметрів вібратора віброзанурювача.

Для підвищення ефективності роботи вібратора в різних робочих умовах необхідно щоб він працював у різних частотних діапазонах. Зміна частоти струму, що живить індуктор вібратора, призведе до зміни частоти коливань, але ефективність роботи установки зменшиться внаслідок різних значень резонансної частоти системи і фактичної частоти коливань. Значення резонансної частоти пов'язане з жорсткістю пружного елемента і масою коливальної частини:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (1)$$

де f – резонансна частота, Гц; k – коефіцієнт жорсткості; m – маса коливальної частини, кг.

Для швидкого проходження палею шару ґрунту необхідно зменшити лобовий та боковий опір ґрунту. Для цього необхідно змінювати резонансну частоту системи занурення.

Зміна резонансної частоти існуючих вібраторів є ускладненою через неможливість регулювання жорсткості пружин та маси рухомої частини.

У даній роботі досліджується вібратор [2] з коаксіально-лінійним синхронним двигуном (КЛСД) у якості збуджувача коливань. Для зміни резонансної частоти системи вводиться регульований пружний елемент: магнітний підвіс (МП) з постійними магнітами. Такий підвіс буде виконувати функцію електромагнітної пружини. Регулювання величини струму в обмотках збудження підвісу призведе до зміни його жорсткості [3].

У роботах [4-7] достатньо повно представлені математичні моделі для визначення електромеханічних характеристик коаксіально-лінійних синхронних двигунів, але недостатньо повно відображені результати їх експериментальних досліджень, пов'язаних з розподілом магнітної індукції в зазорі. Значення індукції в зазорі є визначальним параметром для визначення тягового зусилля.

Таким чином, метою даної роботи є дослідження розподілу магнітної індукції в повітряному зазорі КЛСД-МП.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення експериментальних досліджень коаксіально-лінійного синхронного двигуна зворотно-поступального руху був розроблений стенд (рис. 1): де 1 – КЛСД-МП, 2 – якір КЛСД-МП, 3 – кронштейн, 4 – вимірювач електромагнітної індукції, 5 – вимірювальний щуп, 6 – регулюючий гвинт, 7 – підшипникові щити. В підшипникових щитах 7 КЛСД-МП попередньо просвердлюються прямокутні отвори таким чином, щоб вимірювальний щуп 5 потрапляв у повітряний зазор. КЛСД-МП 1 закріплено на кронштейні 3. За допомогою регулюючого гвинта 6 встановлюється положення (А) якоря 2 (рис. 2). Вимірювання магнітної індукції в повітряному зазорі КЛСД-МП проводиться вимірювальним щупом 5 вимірювача електромагнітної індукції 4. Для визначення положення щупа на його поверхні, попередньо, була нанесена міліметрова шкала. Оскільки вимірювальний щуп 5 має обмежену довжину, вимірювання проводилося з обох сторін КЛСД-МП.

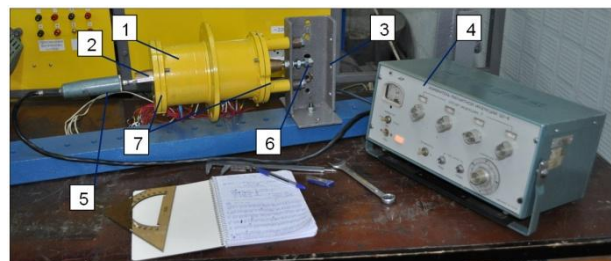


Рис. 1. Стенд для дослідження розподілу магнітної індукції в повітряному зазорі КЛСД-МП

Вимірювання значень магнітної індукції у повітряному зазорі КЛСД-МП проведено з кроком $\Delta x = 2,5$ мм. За початок координат прийнято точку, що лежить на зовнішній поверхні лівого підшипникового щита 7. За початок вимірювання взято точку, що відповідає координаті 10 мм. Якір 2 встановлюється у початкове положення ($A = 0$ мм).

Розріз змонтованого на стенді КЛСД-МП показаний на рис. 2,а: де 1 – корпус КЛСД-МП, 2 – котушки, 3 – магнітопровід, 4 – підшипникові щити, 5 – регулюючий гвинт, 6 – кронштейн, 7 – стрижень якоря, 8 – вимірювальний щуп, 9 – постійні магніти, 10 – концентратори, МП – активна частина індуктора магнітного підвісу, ВЗ – активна частина індуктора віброзбуджувача. В сталевому корпусі 1 розміщені котушки 2 і зібраний з листів електротехнічної сталі магнітопровід 3 індукторів магнітного підвісу та віброзбуджувача. На немагнітному стрижні якоря 7 жорстко закріплюються рідкоземельні постійні магніти

NeFeB 9 та феромагнітні концентратори 10 магнітного підвісу та вібробуджувача. Завдяки підшипниковим щитам 4 яркі КЛСД-МП може вільно поздовжньо

переміщуватись при переналаштуванні регулюючого гвинта 5.

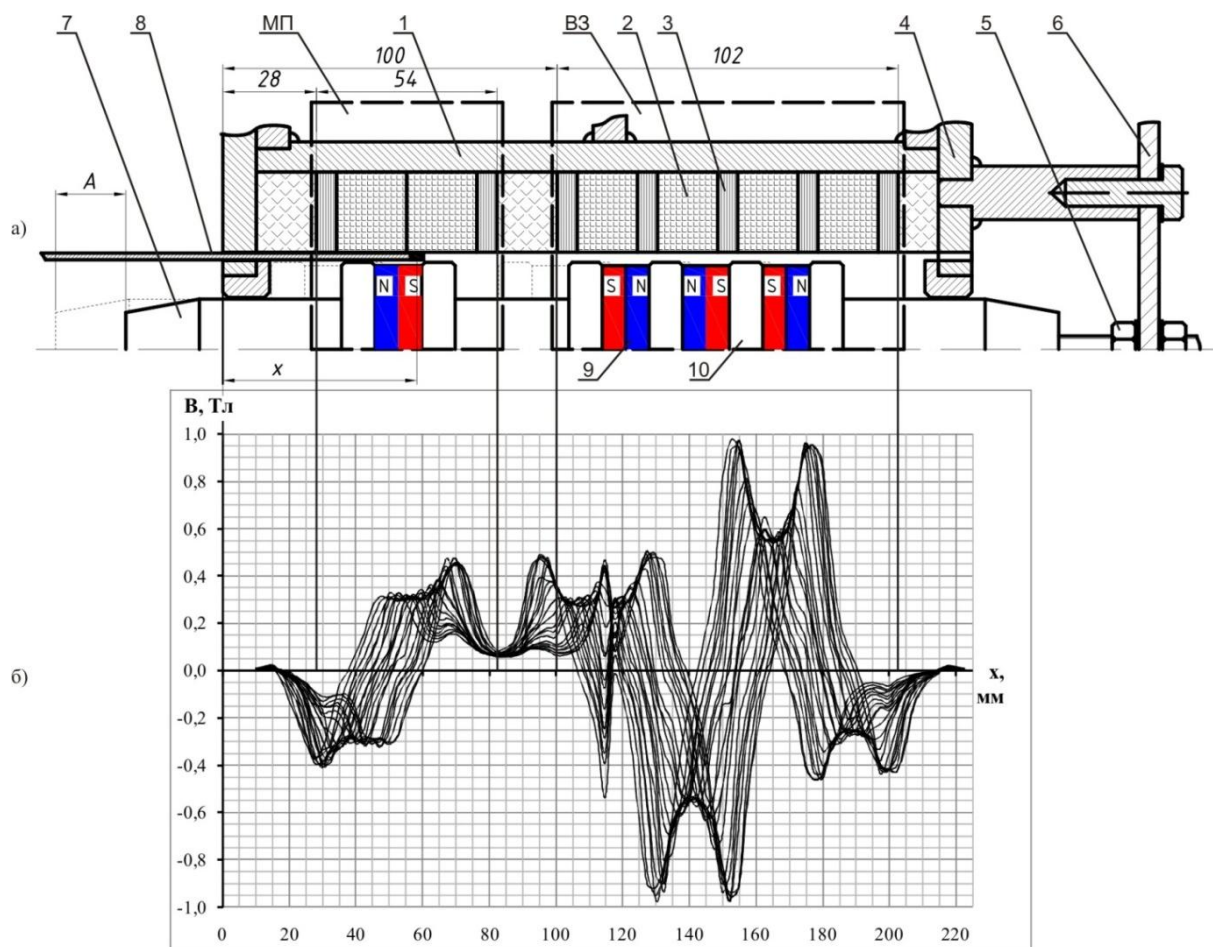


Рис. 2. Характер зміни магнітної індукції в повітряному зазорі КЛСД-МП при різних положеннях ярка

Після завершення вимірювання значень індукції по всій довжині КЛСД-МП при заданому положенні ярка, яркі зміщується на 1 мм вліво і вимірювання проводиться з початку. Вимірювання завершується при досягненні положення ярка $A = 22$ мм (значення полюсної поділки індуктора вібробуджувача).

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

По результатам дослідження було одержано залежності значень магнітної індукції від координат положень ярка $B = f(x)$ (рис. 2,б).

Для активних зон ярка – вібробуджувача та магнітного підвісу були розраховані середні значення радіальної складової магнітної індукції B_{cp} за формулою

$$B_{cp} = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{|B_n| + |B_{n+1}|}{2} \times \Delta x}{l}, \quad (2)$$

де N – кількість вимірних значень, що входять до активної зони; B_n – вимірне значення радіальної складової магнітної індукції у заданій точці, Тл; l – довжина активної зони, мм (для вібробуджувача $l = 102$ мм, для магнітного підвісу $l = 54$ мм), Δx – крок вимірювання (2,5 мм).

Графіки залежності середнього значення магнітної індукції B_{cp} в повітряному зазорі КЛСД-МП для

індукторів вібробуджувача (1) та магнітного підвісу (2) від положення ярка наведено на рис. 3.

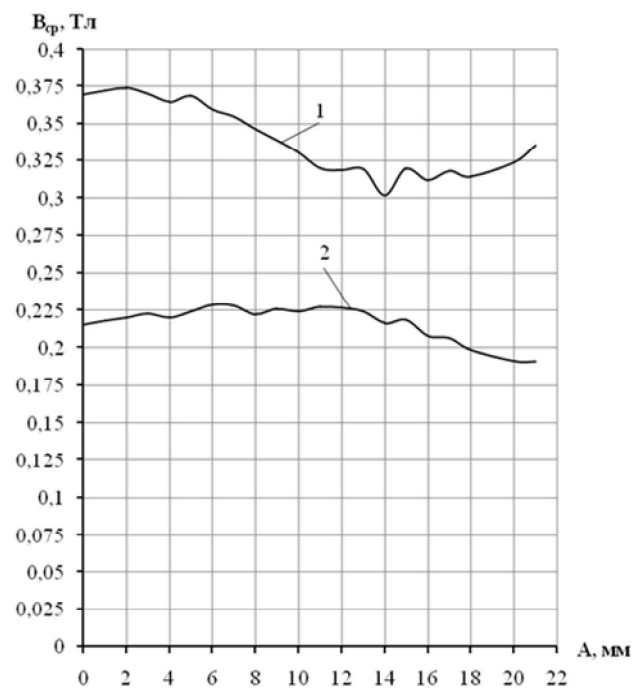


Рис. 3. Графік залежності $B = f(A)$

ВИСНОВКИ

Значення магнітної індукції в повітряному зазорі активної зони магнітного підвісу майже на 40 % менші ніж в активній зоні віброзанурювача. Ця відмінність пояснюється різними магнітними структурами індукторів віброзанурювача та магнітного підвісу КЛСД-МП: індуктор віброзбуджувача виконано із зубцями між полюсами, які в індукторі магнітного підвісу відсутні.

Тому для покращення характеристик магнітного підвісу пропонується проектувати його з використанням магнітної структури аналогічної індуктору віброзбуджувача.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Цейтлин М.Г., Верестов В.В., Азбель Г.Г. Вибрационная техника и технология в свайных и буровых работах. Л., 1960.
2. Патент на корисну модель №24757. Віброзанурювач. Богаєнко М.В., Голенков Г.М., Пархоменко Д.І. та інші. Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі", 10.07.2007 р., бюл. № 10.
3. Голенков Г.М., Пархоменко Д.І., Макогон С.А., Бондар Р.П. Моделювання роботи коаксіально-лінійного синхронного вібратора з магнітним підвісом // Електротехніка і електромеханіка. – 2008. – № 1. – С. 18-20.
4. Голенков Г.М., Бондар Р.П., Макогон С.А., Подольцев А.Д. Численний расчёт магнитного поля и основных характеристик электровибратора на основе коаксиально-линейного двигателя с постоянными магнитами // Електротехніка і електромеханіка. – 2007. – № 1. – С. 8-12.
5. Бондар Р.П., Голенков Г.М., Подольцев А.Д., Розрахунок робочих характеристик лінійного двигуна зворотно-поступального руху в пакеті Matlab/Simulink // Електротехніка і електромеханіка. – 2010. – № 4. – С. 13-17.
6. Голенков Г.М., Бондар Р.П., Макогон С.А., Богаєнко М.В., Попков В.С. Моделювання роботи електричного вібратора з коаксіально-лінійним індукційним двигуном при різних законах регулювання // Технічна електродинаміка. – 2007. – № 2. – С.54-59.
7. Бондар Р.П. Електромеханічні характеристики коаксіально-лінійного синхронного вібратора установки для безтраншейної проходки горизонтальних свердловин // Технічна електродинаміка. – 2008. – № 2. – С.31-35.

Bibliography (transliterated): 1. Cejtin M.G., Verestov V.V., Azbel' G.G. Vibracionnaya tehnika i tehnologiya v svajnyh i burovih rabotah. L., 1960. 2. Patent na korisnu model' №24757. Vibrozhanuryuvach. Bogaenko M.V., Golenkov G.M., Parhomenko D.I. ta inshi. Vidano vidpovidno do Zakonu Ukraini "Pro ohoronu prav na vinahodi i korisni modeli", 10.07.2007 r., byul. № 10. 3. Golenkov G.M., Parhomenko D.I., Makogon S.A., Bondar R.P. Modelyuvannya roboti koaksial'no-linijnogo sinhronnogo vibratora z magnitnim pidvisom // Elektrotehnika i elektromehanika. - 2008. - № 1. - S. 18-20. 4. Golenkov G.M., Bondar R.P., Makogon S.A., Podol'cev A.D. Chislennyj raschet magnitnogo polya i osnovnyh harakteristik `elektrovibratora na osnove koaksial'no-linijnogo dvigatelya s postoyannymi magnitami // Elektrotehnika i elektromehanika. - 2007. - № 1. - S. 8-12. 5. Bondar R.P., Golenkov G.M., Podol'cev A.D. Rozrahunok robocnih harakteristik linijnogo dviguna zворотno-postupal'nogo ruhu v paketi Matlab/Simulink // Elektrotehnika i elektromehanika. - 2010. - № 4. - S. 13-17. 6. Golenkov G.M., Bondar R.P., Makogon S.A., Bogaenko M.V., Popkov V.S. Modelyuvannya roboti elektrichnogo vibratora z koaksial'no-linijnim indukciynim dvigunom pri riznih zakonah regulyuvannya // Tehnichna elektrodinamika. - 2007. - № 2. - S.54-59. 7. Bondar R.P. Elektromehanični harakteristiki koaksial'no-linijnogo sinhronnogo vibratora ustanovki dlya beztranshejnoї prohodki gorizont'al'nih sverdlovin // Tehnichna elektrodinamika. - 2008. - № 2. - S.31-35.

Надійшла 27.10.2011

Голенков Геннадій Михайлович, к.т.н., доц.

Пархоменко Д.І.

Київський національний університет будівництва і архітектури
кафедра електротехніки та електроприводу
03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31
тел. 066 4431611, 067 2336450
e-mail: parkhomenkodm@gmail.com

Golenkov G.M., Parkhomenko D.I.

Investigations of magnetic induction distribution in the air gap of a linear synchronous motor with magnetic suspension.

A test desk for a coaxial linear synchronous motor with magnetic suspension is described. Results of experimental investigations of magnetic induction distribution in the air gap of the motor are presented.

Key words – synchronous motor, magnetic suspension, magnetic induction distribution.