

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ В ВОЗДУШНОМ ЗАЗОРЕ КОАКСИАЛЬНО-ЛИНЕЙНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С АКСИАЛЬНЫМ И РАДИАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ НА ЯКОРЕ

Представлено результати експериментальних досліджень розподілу електромагнітної індукції у повітряному зазорі коаксіально-лінійного синхронного двигуна зворотньо-поступального руху в межах половини полюсного поділу з аксіальним та радіальним розташуванням постійних магнітів на якорі.

Представлены результаты экспериментальных исследований распределения магнитной индукции в воздушном зазоре коаксиально-линейного синхронного двигателя возвратно – поступательного движения в пределах половины полюсного деления с аксиальным и радиальным расположением постоянных магнитов на якоре.

ВВЕДЕНИЕ

Применение вибрационных машин в строительном производстве [1] и других технологических процессах, связанных с перемещением, уплотнением, разрушением и так далее является актуальным. Чаще всего в качестве возбудителя колебаний рабочего органа используются асинхронные двигатели с дебалансными системами возмущающих усилий. Эти двигатели с дебалансным расположением возмущающих усилий имеют такие недостатки, как: малую надежность работы вибраторов, большую энергоемкость, недостаточную эргономичность и автоматизацию систем управления.

В работе [2] предложены вибраторы, приводом рабочего органа которых является коаксиально-линейный синхронный двигатель с постоянными магнитами (NdFeB N44 $B = 1.2$ Тл $\varnothing 50 \times 20h14$, Китай), аксиально расположенными на якоре (КЛСД-ПМ-А) (рис. 1,а). Предложенная конструкция вибраторов КЛСД-ПМ-А позволяет частично исключить перечисленные недостатки существующих вибрационных машин.

В строительном производстве, в частности, при погружении свай, шпунтов и других строительных изделий в грунт, используют вибропогружатели мощностью от 30 до 155 кВт.

Мощность вибропогружателя КЛСД-ПМ-А установки для погружения свай вибростатическим способом составила 4,8 кВт. Проблемой является сложность изготовления вибраторов большой мощности из-за технологического процесса изготовления магнитов тороидального типа большого диаметра.

В данной работе исследуются вибраторы [2, 3], приводом рабочего органа которого является коаксиально-линейный синхронный двигатель с аксиальным КЛСД-ПМ-А и радиальным расположением постоянных магнитов на якоре (КЛСД-ПМ-Р) (рис. 1). Определены средние значения магнитной индукции в воздушном зазоре между индуктором и якорем этих двигателей, а также даны их сравнительные характеристики.

Конструктивная особенность КЛСД-ПМ-Р с радиальным расположением постоянных магнитов на якоре (см. рис. 1,б) позволяет увеличить мощность

вибраторов и расширить их применение в различных технологических процессах, где используется вибротехника.

Якорь вибровозбудителя КЛСД-ПМ-А (см. рис. 1,а) и якорь вибровозбудителя КЛСД-ПМ-Р (см. рис. 1,б) состоит из: постоянных магнитов 1; концентраторов магнитных силовых линий, изготовленных из стали (стали 3) 2 и металлического стержня (бронзы) 3.



Рис. 1. Якорь вибровозбудителя КЛСД:
а) КЛСД-ПМ-А; б) КЛСД-ПМ-Р

В работах [4] представлены математические модели, определяющие параметры электромеханических характеристик КЛСД. Однако недостаточно полно отображены результаты экспериментальных исследований распределения магнитной индукции в воздушном зазоре коаксиально-линейного синхронного двигателя как с аксиальным, так и с радиальным расположением постоянных магнитов на якоре. Не даны их сравнительные характеристики по распределению магнитной индукции в воздушном зазоре между индуктором и якорем исследуемых двигателей.

Следовательно, целью данной работы является исследование распределения параметров магнитной индукции в воздушном зазоре коаксиально-линейного синхронного двигателя возвратно-поступательного движения с аксиальным и радиальным расположением постоянных магнитов на якоре, а также их сравнительные характеристики.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Для проведения экспериментальных исследований коаксиально-линейного синхронного двигателя возвратно-поступательного движения КЛСД-ПМ-А и КЛСД-ПМ-Р разработан стенд (рис. 2). Стенд включает коаксиально-линейный синхронный двигатель 1, где: статор (индуктор) – 2; якорь КЛСД – 3; измерительный прибор магнитной индукции (Ш1-8) – 4 со щупом (датчиком) – 5.

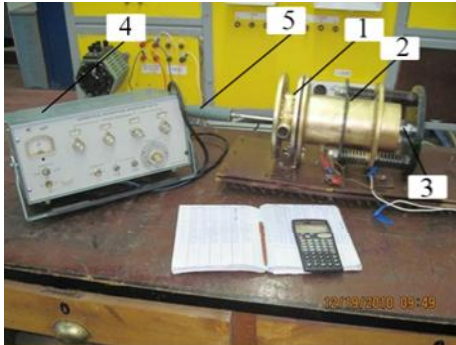


Рис. 2. Стенд для исследования коаксиально-линейного синхронного двигателя

Исследуемый коаксиально-линейный синхронный двигатель (см. рис.2) имеет следующие конструктивные параметры: воздушный зазор между индуктором и якорем составляет 2 мм; немагнитный зазор – 7 мм; толщина магнитопровода индуктора – 10 мм; толщина токового слоя (обмоток) составляет 5 мм.

Магнитопровод КЛСД выполнен из стальной проволоки диаметром 1 мм и уложен поверх токового слоя индуктора толщиной 10 мм; длина активной части магнитопровода составляет 164 мм; активная длина якоря 112 мм; диаметр якоря 60 мм; масса постоянных магнитов составляет 0,51 кг.

Так как при работе КЛСД якорь совершает колебания в пределах полюсного деления, то измерение параметров магнитной индукции также осуществлялось в пределах полюсного деления.

Измерение параметров магнитной индукции проводилось в следующей последовательности. При помощи щупа измерительного прибора магнитной индукции измерения проводились с шагом $\Delta x = 2,5$ мм активной части индуктора. Эти измерения проводились при смещении якоря по координате X с шагом 1 мм по отношению к активной зоне индуктора КЛСД 10 мм.

На рис. 3,а представлено схематичное изображение коаксиально-линейного синхронного двигателя с аксиальным расположением постоянных магнитов на якоре, где: индуктор – 1; магнитопровод индуктора – 2; обмотка индуктора (токовый слой) – 3; постоянные магниты – 4; концентраторы магнитных силовых линий – 5; якорь КЛСД-ПМ-А-6.

На рис. 3,б изображено семейство характеристик распределения параметров магнитной индукции в воздушном зазоре двигателя $B = f(x)$ в пределах изменения положения якоря по отношению к индуктору на величину половины полюсного деления (а, б).

На рис. 4,а представлено схематичное изображение коаксиально-линейного синхронного двигателя с радиальным расположением постоянных магнитов на якоре, где: индуктор – 1; магнитопровод индуктора – 2;

обмотка индуктора (токовый слой) – 3; постоянные магниты – 4; концентраторы магнитных силовых линий – 5; якорь КЛСД-ПМ-Р-6.

На рис. 4,б изображено семейство характеристик распределения параметров магнитной индукции в воздушном зазоре двигателя $B = f(x)$ в пределах изменения положения якоря по отношению к индуктору на величину половины полюсного деления (а, б).

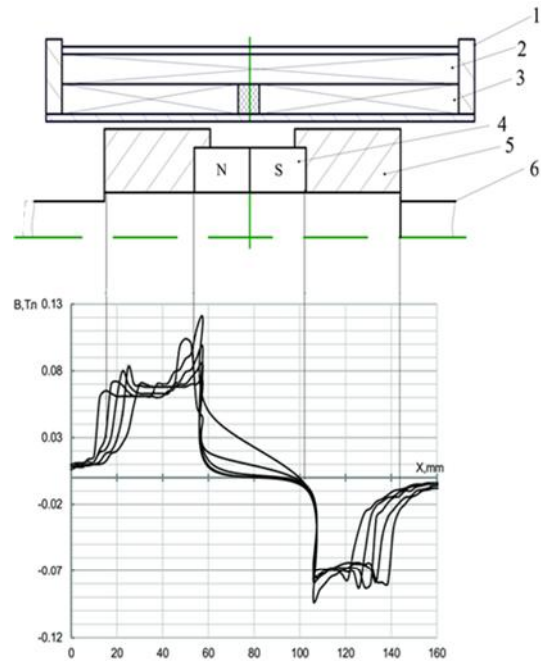


Рис. 3. Схематичное изображение коаксиально-линейного синхронного двигателя с аксиальным расположением постоянных магнитов на якоре (а) и характер распределения параметров магнитной индукции в воздушном зазоре двигателя (б)

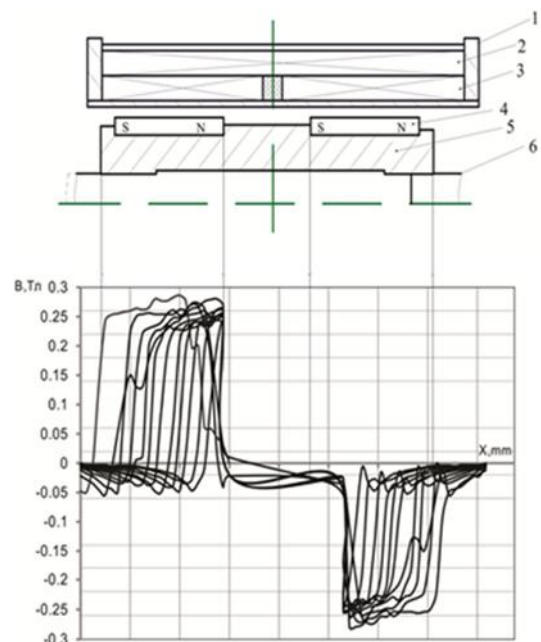


Рис. 4. Схематичное изображение коаксиально-линейного синхронного двигателя с радиальным расположением постоянных магнитов на якоре (а) и характер распределения параметров магнитной индукции в воздушном зазоре двигателя (б)

По результатам исследования семейства характеристик распределения параметров магнитной индукции в зазоре КЛСД (см. рис. 3, 4) были построены графики (рис. 5), где: а – среднее значение магнитной индукции в зазоре КЛСД с радиальным расположением постоянных магнитов на якоре; б – среднее значение магнитной индукции в зазоре КЛСД с аксиальным расположением постоянных магнитов на якоре.

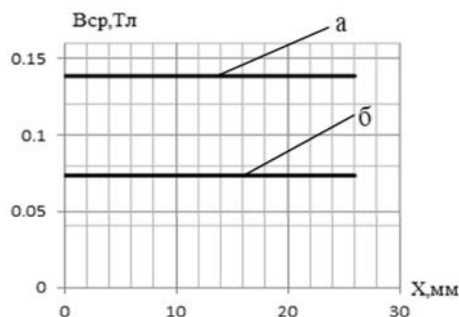


Рис. 5

Среднее значение магнитной индукции определялось по формуле:

$$B_{cp} = \frac{\sum_n^N \frac{|B_n| + |B_{n+1}|}{2} \times \Delta x}{L}$$

где B_{cp} – среднее значение магнитной индукции, Тл; N – количество измеренных значений параметров индукции в зоне активной части индуктора; B_n – значение магнитной индукции в момент его измерения в заданной точке, Тл; L – длина активной зоны индуктора КЛСД.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате экспериментальных исследований по распределению параметров магнитной индукции в воздушном зазоре КЛСД с аксиальным и радиальным размещением постоянных магнитов на якоре выяснилось, что с радиальным расположением магнитов магнитная индукция в среднем на 40% больше, чем в случае с аксиальным размещением постоянных магнитов на якоре.

Следовательно, при определении механических характеристик, а именно тягового усилия, более эффективным двигателем является КСЛД с радиальным расположением постоянных магнитов на якоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багрман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве. – М.: Высш. шк., 1977.
2. Патент на корисну модель №24757 Вибровозбудитель E02D7/10(2007.01).E02D7/18(2007.01).E02D7/20(2007.01). Богазинко М.В., Голенков Г.М., Голубь В.П., Попков В.С., Пархоменко Д.И. видано відповідно до закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі". 10.07.2007.Бюл №10.
3. Патент на винах №93168 лінійний електродвигун зворотньо-поступального руху, МПК (2011.01) HD2K33/00 H02K41/025. Богазинко М.В., Голенков Г.М., Голубь В.П., Попков В.С. "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі". 10.01.2011, Бюл №1.
4. Голенков Г.М., Бондарь Р.П., Макогон С.А., Богазинко М.В., Попков В.С. Моделирование работы электрического вибратора с коаксиально-линейным двигателем при разных законах регуляции // Техническая электродинамика. – 2007. – № 2. – С. 54-59.

Bibliography (transliterated): 1. Bagrman V.A., Byhovskij I.I. Vibracionnye mashiny i processy v stroitel'stve. - M.: Vyssh. shk., 1977. 2. Patent na korisnu model' №24757 Vibrovobuditel' E02D7/10(2007.01).E02D7/18(2007.01).E02D7/20(2007.01). Bogazinko M.V., Golenkov G.M, Golub' V.P., Popkov V.S., Parhomenko D.I. vidano vidpovidno do zakonu Ukraїni "Pro ohoronu prav na vinahodi i korisni modeli". 10.07.2007.Byul №10. 3. Patent na vinah №93168 linijnij elektrodvigun zvorotn'o-postupal'nogo ruhu, MPK (2011.01) HD2K33/00 H02K41/025. Bogazinko M.V., Golenkov G.M, Golub' V.P., Popkov V.S. "Pro ohoronu prav na vinahodi i korisni modeli". 10.01.2011, Byul №1. 4. Golenkov G.M., Bondar' R.P., Makogon S.A., Bogazinko M.V., Popkov V.S. Modelirovanie raboty `elektricheskogo vibratora s koaksial'no-linejnym dvigatelem pri raznyh zakonah reguljacii // Tehnicheskaya `elektrodinamika. - 2007. - № 2. - S. 54-59.

Поступила 08.12.2011

Голенков Геннадий Михайлович, к.т.н., доц.,
Аббасян Мохсен
Киевский национальный университет
строительства и архитектуры
03680, Киев, Воздухофлотский проспект, 31
e-mail: mohsen12849@yahoo.com

Golenkov G.M., Abbasian M.

Experimental investigations of electromagnetic induction distribution in the air gap of a coaxial linear synchronous motor with permanent magnets axial and radial location on the armature.

The paper presents results of experimental investigations of electromagnetic induction distribution in the air gap of a coaxial linear synchronous motor with alternate/reciprocal motion within the half polar pitch and with axial and radial location of permanent magnets on the armature.

Key words – electromagnetic induction, coaxial linear synchronous motor, permanent magnet.