

УДК 62-83:621.313.333

ЛИНЕЙНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ МНОГОВЕКТОРНОГО ДВИЖЕНИЯ

В. В. ТОДАРЕВ, В. В. ЛОГВИН

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

С. А. ГРАЧЕВ

*Государственное учреждение образования «Гомельский
инженерный институт» МЧС Республики Беларусь*

Введение

Одним из направлений развития безредукторных электроприводов возвратно-поступательного движения является расширение их функциональных возможностей, в частности – создание многовекторного движения с сохранением номинальных электромагнитных параметров при движении в любом направлении.

Обзор информационных источников показал, что для создания многовекторного движения применяется либо несколько электродвигателей [1], либо электромагнитные и электромеханические параметры такого двигателя изменяются с изменением направления движения.

Так, например, в двухкоординатном линейном асинхронном двигателе (ЛАД) [2] имеются два индуктора, продольные оси которых взаимно перпендикулярны и создают во вторичном элементе электромагнитное усилие в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Электромагнитное усилие по одному из направлений определяется параметрами соответствующего индуктора, при этом другой индуктор не используется.

Известен также двухкоординатный ЛАД [3], который имеет два индуктора, продольные оси которых с целью увеличения усилия по одной из двух осей X или Y располагаются под острым углом. Геометрическое сложение электромагнитных усилий индукторов не позволяет получить максимально возможное усилие по продольной оси, усилие по поперечной оси значительно меньше.

В вышеперечисленных двухкоординатных ЛАД применяются два индуктора, установленная мощность которых во время их работы используется не полностью.

Наиболее близким по технической сущности является ЛАД [4] прямолинейного или возвратно-поступательного движения, включающий индуктор и вторичный элемент, обмотка индуктора образует ряды в продольном и поперечном направлениях, продольные ряды имеют прямое чередование фаз, поперечные ряды – до середины ряда прямое, после середины обратное чередование фаз.

В данном ЛАД при одном индукторе во вторичном элементе могут создаваться электромагнитные усилия по продольной X и поперечной Y осям, однако при создании электромагнитного усилия по одной из осей обмотка по другой оси не используется. Электромагнитные параметры такого ЛАД используются не полностью, следовательно, его функциональные возможности ограничены.

Целью настоящей работы является создание ЛАД многовекторного движения с одним индуктором, в котором это движение вторичного элемента реализуется

с максимальным использованием электромагнитных параметров электродвигателя по любому направлению движения, и обладающего большими функциональными возможностями за счет создания вращательного движения вторичного элемента.

Основная часть

Многовекторное движение с вышеуказанными параметрами может быть получено в ЛАД, включающем индуктор и вторичный элемент, на магнитопроводе индуктора расположена двухфазная полюсно-переключаемая обмотка, катушки каждой фазы которой симметрично расположены на магнитопроводе по продольной и поперечной осям, при этом количество катушек одной фазы четырехкратно числу пар полюсов, а количество катушек другой фазы шестнадцатикратно числу пар полюсов. Такое расположение катушек фазных обмоток индуктора позволяет полностью использовать каждую из них при создании бегущего или качающегося электромагнитного поля индуктора при любом направлении и виде перемещения вторичного элемента [5].

На рис. 1 показано расположение катушек фазных обмоток (α, β) на магнитопроводе индуктора с обозначением полярности $S_\alpha, N_\alpha, S_\beta, N_\beta$ при числе пар полюсов $p = 1$ и одинаковых полюсных делениях по продольной и поперечной осям $\tau_{\alpha x} = \tau_{\alpha y}; \tau_{\beta x} = \tau_{\beta y}$ для создания поступательного или возвратно-поступательного движения вторичного элемента по оси X двигателя (вторичный элемент не показан).

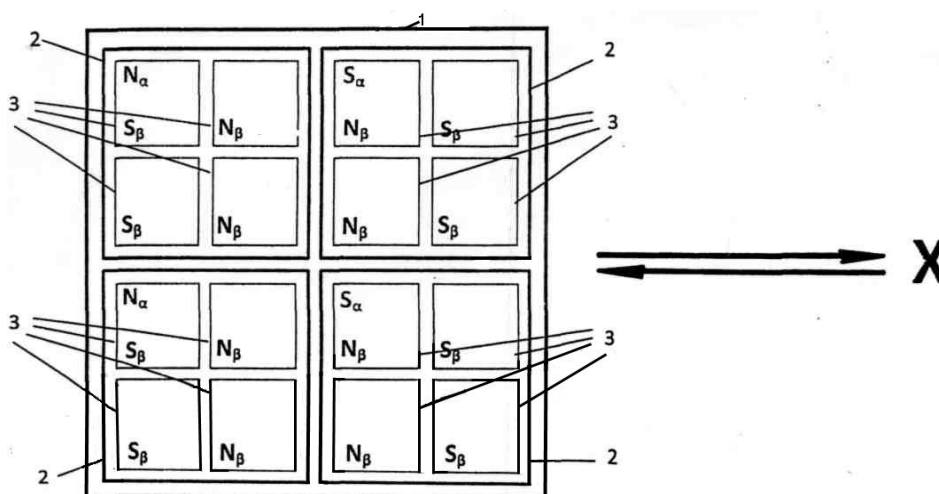


Рис. 1. Расположение катушек фазных обмоток (α, β) на магнитопроводе индуктора с обозначением полярности $S_\alpha, N_\alpha, S_\beta, N_\beta$ для создания двигателя по оси X :
 1 – магнитопровод; 2 – обмотка α ; 3 – обмотка β

На рис. 2 показано расположение катушек фазных обмоток (α, β) для создания движения вторичного элемента по оси Y электродвигателя; на рис. 3 – то же – для создания движения вторичного элемента по произвольным осям X, Y ; на рис. 4 – то же – для создания вращательного движения вторичного элемента вокруг оси Z , перпендикулярной осям X и Y .

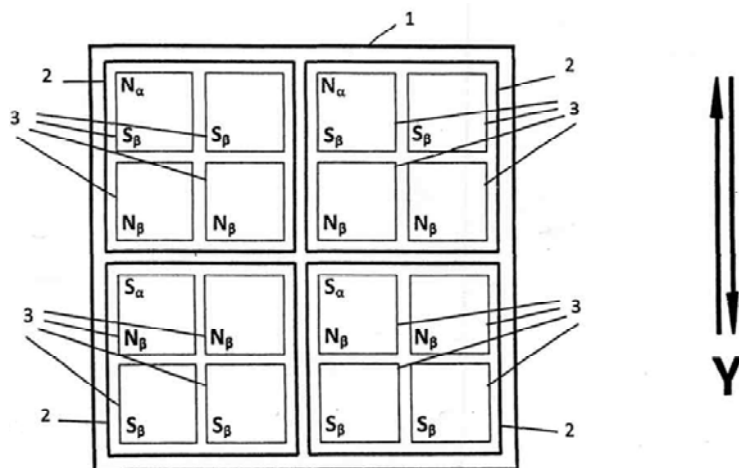


Рис. 2. Расположение катушек фазных обмоток (α , β) для создания движения вторичного элемента по оси Y электродвигателя

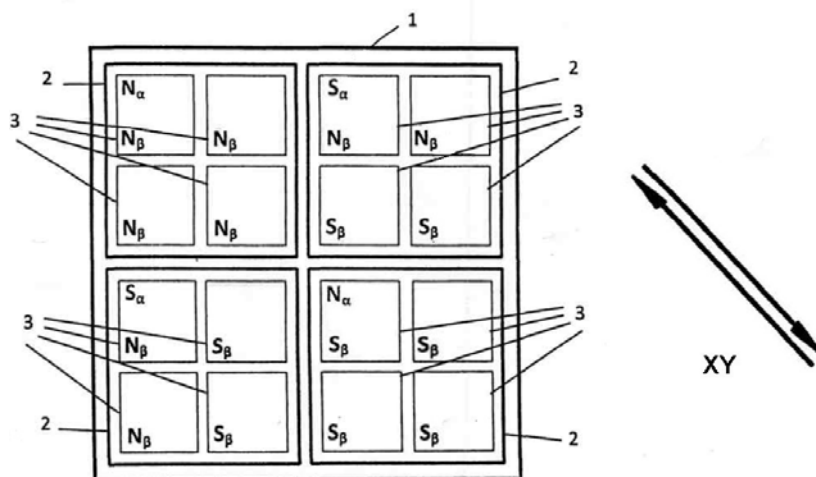


Рис. 3. Расположение катушек фазных обмоток (α , β) для создания движения вторичного элемента по произвольным осям XY

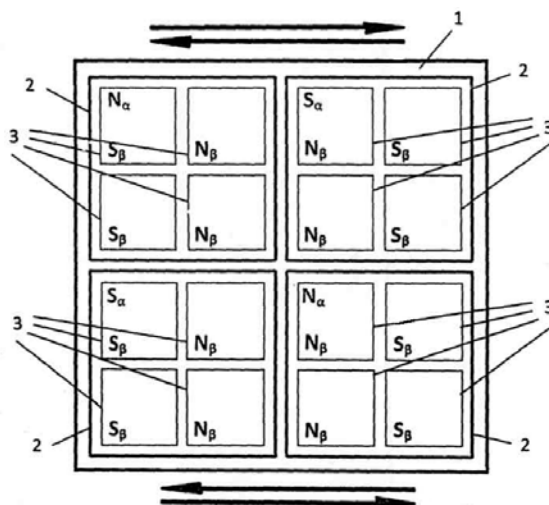


Рис. 4. Расположение катушек фазных обмоток (α , β) для создания вращательного движения вторичного элемента вокруг оси Z

ЛАД работает следующим образом. Для создания поступательного или возвратно-поступательного движения вторичного элемента по оси X двигателя катушки фазных обмоток подключаются к источнику напряжения таким образом, чтобы полярность их магнитных полей $S_\alpha, N_\alpha, S_\beta, N_\beta$ была такой, как показано на рис. 1.

При поступательном движении подвижного элемента на фазные обмотки подаются напряжения:

$$U_\alpha(t) = U_m \sin \omega t; \quad U_\beta(t) = U_m \sin(\omega t \pm \pi/2).$$

В обмотке каждой фазы образуется двухполюсное пульсирующее электромагнитное поле с индукциями:

$$B_\alpha(X, t) = B_m \sin \omega t \cdot \sin(\pi X/\tau);$$

$$B_\beta(X, t) = B_m \sin(\omega t \pm \pi/2) \sin(\pi X/\tau \pm \pi/2).$$

Суммарное магнитное поле будет бегущим по оси X :

$$B_\Sigma(X, t) = B_{m\Sigma} \sin(\omega t + \pi X/\tau).$$

В этом направлении будет создаваться электромагнитное усилие и перемещается вторичный элемент.

При создании по оси X возвратно-поступательного движения вторичного элемента на фазные обмотки, подключенные по рис. 1, подается напряжение в соответствии со способами создания качающегося электромагнитного поля [6]–[8], например:

$$U_\alpha(t) = U_m \sin \Omega t \cdot \sin \omega t;$$

$$U_\beta(t) = U_m |\sin \Omega t| \sin(\omega t \pm \pi/2),$$

где $\omega = 2\pi f$; $\Omega = 2\pi f_k$.

В каждой фазе обмотки образуются пульсирующие с частотой f электромагнитные поля, амплитуда которых изменяется с частотой f_k :

$$B_\alpha(X, t) = B_m \sin \Omega t \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\pi X/\tau);$$

$$B_\beta(X, t) = B_m \sin |\Omega t| \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\pi X/\tau - \pi/2).$$

Суммарное магнитное поле будет качающимся с частотой f_k , с такой же частотой f_k будет изменяться и амплитуда электромагнитного поля.

С точностью, достаточной для инженерных расчетов:

$$B_\Sigma(X, t) = B_m \sin \Omega t \cdot \sin(\omega t - \pi X/\tau).$$

Создаваемое электромагнитное усилие будет знакопеременным, движение вторичного элемента – возвратно-поступательным, изменяющимся по синусоидальному закону:

$$F_{эм}(t) = F_m \sin \Omega t.$$

Для создания движения вторичного элемента по оси Y двигателя катушки фазных обмоток подключают так, чтобы полярность их магнитных полей $S_\alpha, N_\alpha, S_\beta, N_\beta$

была такой, как показано на рис. 2, напряжение на фазные обмотки подается такое же как при перемещении по оси X .

По оси Y будет создаваться электромагнитное усилие и перемещаться вторичный элемент. Для получения движения вторичного элемента по смешанной оси XU подключение катушек фазных обмоток показано на рис. 3.

При подключении катушек фазных обмоток в соответствии с рис. 4 в индукторе электродвигателя создаются два бегущих или качающихся в противоположных направлениях электромагнитных поля, что приводит к вращению вторичного элемента относительно оси Z (на рис. 4 ось Z не показана).

На рис. 1–4 видно, что при любом направлении и виде движения вторичного элемента электромагнитное поле ЛАД представляет собой сумму одинаковых магнитных полей катушек фазных обмоток индуктора, что свидетельствует об их полном использовании в процессе работы.

Заключение

Таким образом, ЛАД, имеющий один индуктор с магнитопроводом и обмоткой, позволяет получить многовекторное движение вторичного элемента с максимальным использованием электромагнитных параметров электродвигателя. Этот эффект достигается выполнением обмотки индуктора двухфазной и полюсно-переключаемой. Катушки каждой фазы обмотки индуктора симметрично расположены на магнитопроводе индуктора по продольной и поперечной осям. Количество катушек одной фазы четырехкратно, а количество катушек другой фазы шестнадцатикратно числу пар полюсов.

Литература

1. Литвин, В. Н. Колебательный режим линейного асинхронного двигателя в приводе зерноочистительной машины / В. Н. Литвин, Ф. А. Мамедов, А. С. Сафонов // Научни трудове на русенския университет. – Руса, 2009. – Т. 48, сер. 3.1. – С. 31–34.
2. Linear Motor Driver X-Y Table : пат. 4788477A US , МПК⁷ Н 02 К 41/02 / Hiroshi Teramachi. – № US 06/886,697 ; заявл. 18.07.1986 ; опубл. 29.11.1988.
3. Двухкоординатный линейный электродвигатель : пат. 2201030 Рос. Федерация, МПК⁷ Н 02 К 41/02 / Я. З. Нис, Г. И. Володин, Ю. А. Бахвалов ; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. тех. ун-т (Новочерк. политехн. ин-т). – № 2000131458/09 ; заявл. 14.12.2000 ; опубл. 20.03.2003.
4. Линейный асинхронный двигатель : а. с. 868942 СССР, МКЛ³ Н 02 К 41/02 / А. Д. Попов, В. А. Соломин, С. С. Хантимиров, А. А. Шириков. – № 2451143/24-07 ; заявл. 08.02.77 ; опубл. 30.09.81, Бюл. № 36.
5. Линейный асинхронный двигатель : пат. 19709 Респ. Беларусь, МПК⁷ Н 02 К 41/02 / В. В. Тодарев ; заявитель и патентообладатель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – № а 20130015 ; заявл. 08.01.2013 ; опубл. 10.09.2015.
6. Луковников, В. И. Электропривод колебательного движения / В. И. Луковников. – М. : Энергоатомиздат, 1984. –152 с.
7. Способ управления двухфазным асинхронным двигателем в режиме колебательного движения : а. с. 1415400 СССР, МКЛ³ Н 02 Р 07/62 / В. И. Луковников, В. В. Тодарев, С. А. Грачев. – № 4179356/24-07 ; заявл. 09.01.87 ; опубл. 07.08.88, Бюл. № 29.
8. Грачев, С. А. Безредукторный электромашинный привод периодического движения / С. А. Грачев, В. И. Луковников. – Минск : Выш. шк., 1991. – 160 с.

Получено 30.03.2016 г.