

Изобретение относится к электротехнике, в частности, к линейным электрическим машинам переменного тока и может быть использовано для преобразования электрической энергии в механическую при поступательном движении.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является линейный электродвигатель (ЛД) переменного тока с плоским четырехстержневым магнитопроводом индуктора, на стержнях которого намотаны обмотки, питающиеся

напряжениями переменного тока, сдвинутыми на обмотках соседних стержней по фазе соответственно на  $90^\circ$ . Между двумя четырехстержневыми конструкциями противоположной полярности полюсов соответствующих стержней расположен вторичный элемент ЛД. Такие две четырехстержневые конструкции с обмотками составляют модуль электродвигателя.

Недостатки линейного электродвигателя с плоским четырехстержневым магнитопроводом:

1. Для питания обмоток ЛД напряжениями, сдвинутыми по фазе на  $90^\circ$ , требуются фазосдвигающие устройства или их необходимо питать линейным и фазным напряжениями трехфазной системы, сдвинутыми по фазе на  $90^\circ$ . Такая цепь не требует фазосдвигающих устройств, но является четырехпроводной, и при одинаковых магнитных потоках стержней требует

различия в  $\sqrt{3}$  числа витков и сечения провода обмоток стержней, вызывает асимметрию токов в питающей трехфазной сети, приводящую к асимметрии напряжений с отрицательными последствиями для потребителей этой сети. Для симметрирования токов используют три модуля, обмотки которых включены на разные фазные и соответствующие (под углом  $90^\circ$  к фазным) линейные напряжения, что делает установку весьма громоздкой.

2. Неудовлетворительная технологичность изготовления четырехстержневой конструкции магнитопровода, отличной от стандартных конструкций и требующих специальных штампов или сложной шихтовки из полос листовой электротехнической стали.

3. Совместное действие в части ярма двух магнитных потоков требует увеличения сечения ярма в 1,4 - 1,5 раза по сравнению с сечением стержней.

Задача изобретения - упрощение конструкции стержневого магнитопровода индуктора линейного электродвигателя и симметрирование его токов при питании одинаковых обмоток напряжением от трехфазной трехпроводной сети.

Задача достигается тем, что индуктор трехфазного линейного электродвигателя переменного тока выполнен на трехстержневом магнитопровode с одинаковыми поперечными сечениями стержней и ярма, на стержнях выполнены одинаковые фазные обмотки, питаемые напряжением от трехфазной трехпроводной сети. Кроме того, индуктор линейного электродвигателя состоит из нескольких модулей, расположенных в одной плоскости вдоль вторичного элемента при минимально возможном расстоянии между стержнями на стыке двух модулей, причем трехфазные обмотки соседних модулей соединены у одного звездой, а у другого

треугольником так, чтобы магнитный поток первого стержня следующего модуля отставал на  $90^\circ$  от магнитного потока последнего стержня предыдущего модуля.

На фиг.1 представлена принципиальная конструктивная схема линейного двигателя (фиг.1а), состоящая из одного или нескольких модулей индукторов ( $I_1, I_2, \dots$ ), установленных вдоль продольной оси и вторичного элемента (ВЭ), а также пояснения к принципу создания тягового усилия  $F$  (фиг.1б); на фиг.2 - графики изменения во времени магнитных потоков трех фаз и соответствующих им ЭДС вторичного элемента (2а) и их векторные диаграммы (2б).

Трехфазный линейный электродвигатель переменного тока состоит из индуктора (И) и вторичного элемента (ВЭ). Индуктор выполнен на трехстержневом магнитопроводе с одинаковыми поперечными сечениями стержней и ярма, на стержнях выполнены одинаковые фазные обмотки, питаемые от трехфазной трехпроводной сети.

В произвольный момент времени  $t$  (фиг.2а) изменяющиеся магнитные потоки пересекают ВЭ, индуцируя в его плоскости ЭДС, отстающие от своих потоков по фазе на  $90^\circ$ . ЭДС вызывают контурные вихревые токи, практически совпадающие с ними по фазе. В направлении размещения стержней индуктора вдоль оси ВЭ контурный вихревой ток данной фазы входит в зону действия магнитного потока соседней фазы и, взаимодействуя с ним, создает электромагнитное усилие, например  $F_{BA} = \Phi_B \cdot I_A, F_{AB} = \Phi_A \cdot I_B, \dots$

В трехфазных электромеханических системах наряду с положительными электромагнитными усилиями имеют место и незначительные по величине отрицательные усилия (например, в момент времени  $t$  при взаимодействии положительного потока  $\Phi_c$  с отрицательным током  $I_b$ , т.е.  $F_{cb} = \Phi_c \cdot I_b < 0$ , фиг.1б). Это объясняется фазовым сдвигом потоков трехфазной системы в  $120^\circ$ , отличным от  $90^\circ$ , при котором электромагнитные усилия максимальны и однонаправленны. В целом электромагнитные усилия в трехфазной системе составляют

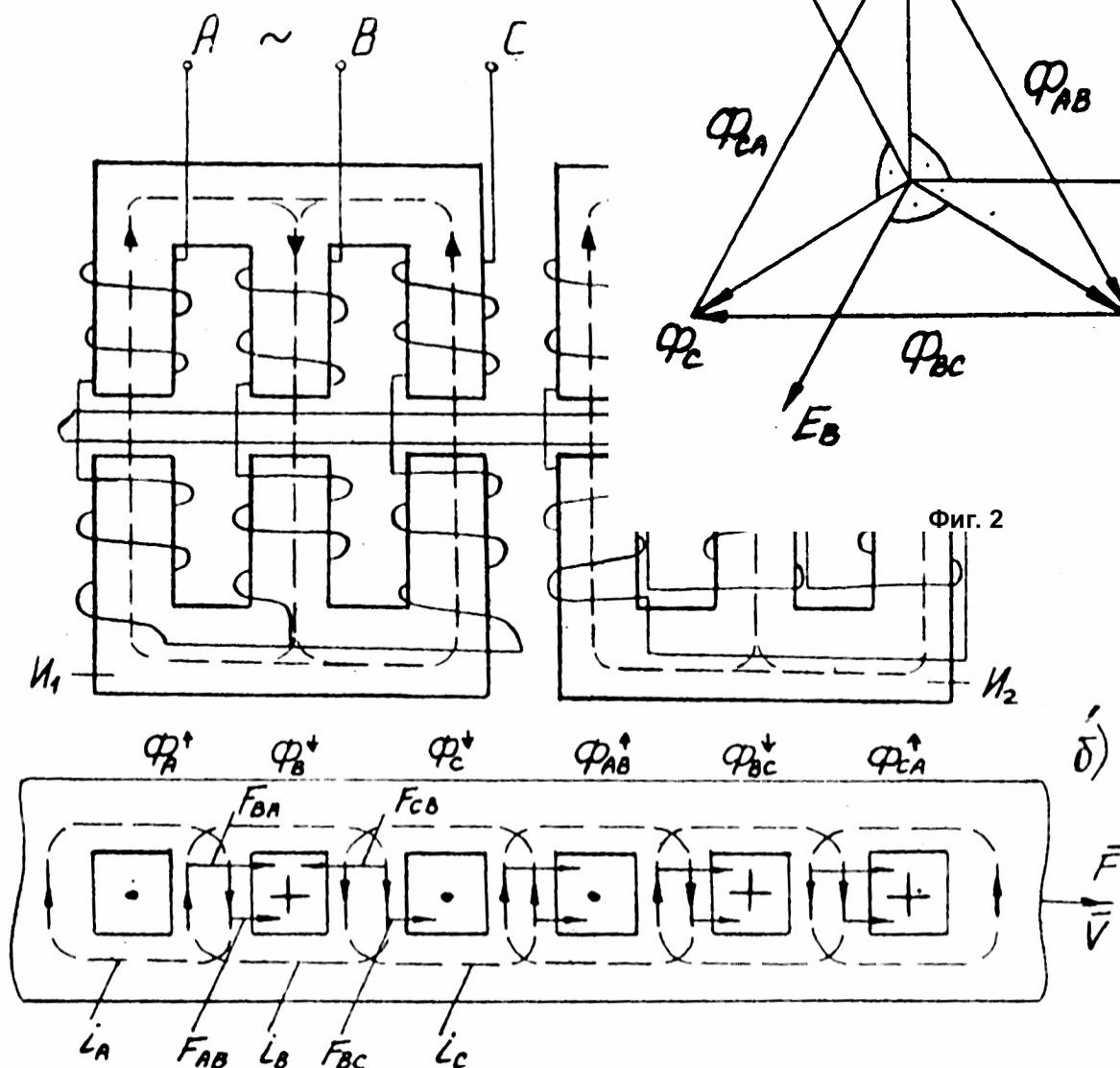
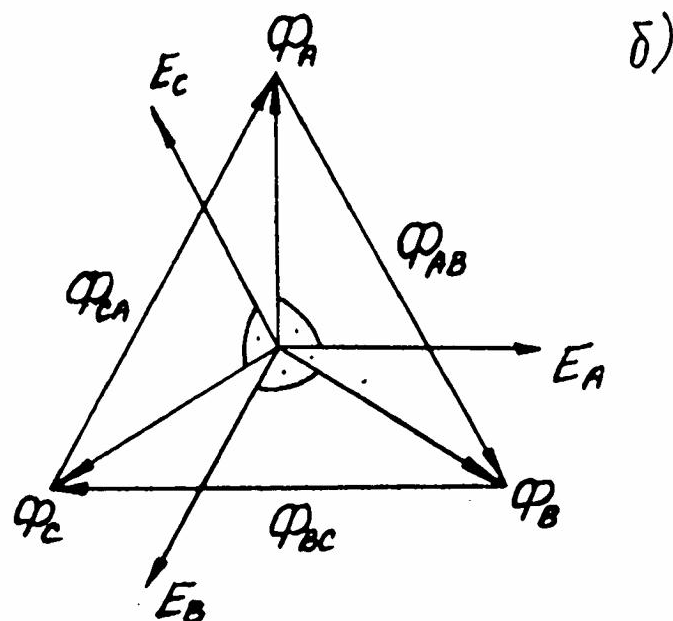
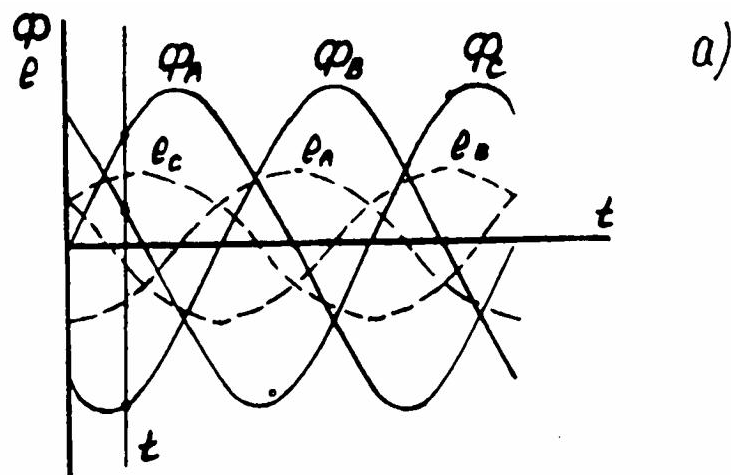
$F \cdot \sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} F = 0,867 F$ , где  $F$  - соответствующее усилие в ортогональной системе, тем не менее трехфазные трехстержневые линейные двигатели по сравнению с четырехстержневой конструкцией линейного электродвигателя (прототип) более просты, технологичны и обеспечивают симметрию тока при трехпроводном питании от трехфазной сети.

Для увеличения мощности и тягового усилия ЛД может набираться из нескольких модулей, установленных вдоль оси ВЭ, на стыках которых может быть применен принцип ортогональности потоков, обеспечивающий максимальное тяговое усилие при минимальном расстоянии между стержнями на стыке. Если обмотки первого модуля соединены звездой со сдвигом фазовых потоков стержней модуля на  $120^\circ$ , то обмотки следующего модуля соединяются треугольником со сдвигом потоков фаз его также на  $120^\circ$ , а на стыке между модулями поток  $\Phi_{AB}$  второго

модуля, созданный током от линейного напряжения, отстает от потока  $\Phi_c$  первого модуля по фазе на  $90^\circ$ . При необходимости дальнейшего увеличения мощности ЛД обмотки третьего модуля соединяются звездой с отставанием его потока на стыке на  $90^\circ$  от потока предыдущего стержня и т.д.

Так повышается эффективность создания тягового усилия за счет использования взаимодействия внешних токов от потоков крайних стержней модулей на стыке их, остаются неиспользованными только внешние токи от потоков первого и последнего стержней системы модулей (см. фиг.1б).

Таким образом, комбинация трехфазных модулей, обмотки которых соединены поочередно  $Y$  и треугольником с обеспечением ортогональности магнитных потоков на стыках модулей вдоль оси ВЭ приводит к созданию весьма эффективного линейного двигателя переменного тока с высоким удельным тяговым усилием, с регулированием скорости изменением величины питающего напряжения, конструктивно простого, с симметричными токами питающей трехфазной сети.



Фиг. 1