

Лекція № 4

Тема № 3: Автоматизований електропривод з асинхронними двигунами спеціального призначення

1. Асинхронні двигатели с внешним ротором
2. Линейные асинхронные двигатели

1. АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ С ВНЕШНИМ РОТОРОМ

Помимо асинхронных двигателей общего назначения, составляющих основу современного электропривода, в последние годы все более широкое применение получают асинхронные двигатели специального назначения. Применение таких двигателей позволяет упростить электропривод и придать ему некоторые специфические свойства, которые двигателями общего назначения не обеспечиваются. Для двигателей специального назначения характерна нетрадиционность их конструкции. К таким двигателям относятся двигатели с внешним ротором и линейные асинхронные двигатели.

Асинхронные двигатели с внешним ротором. Эти двигатели отличаются от ранее рассмотренных тем, что их статор (неподвижная часть) находится внутри ротора (вращающейся части). Такую конструкцию иногда называют обращенной. По принципу действия эти двигатели не отличаются от асинхронных двигателей общего назначения, т. е. от двигателей с внутренним ротором.

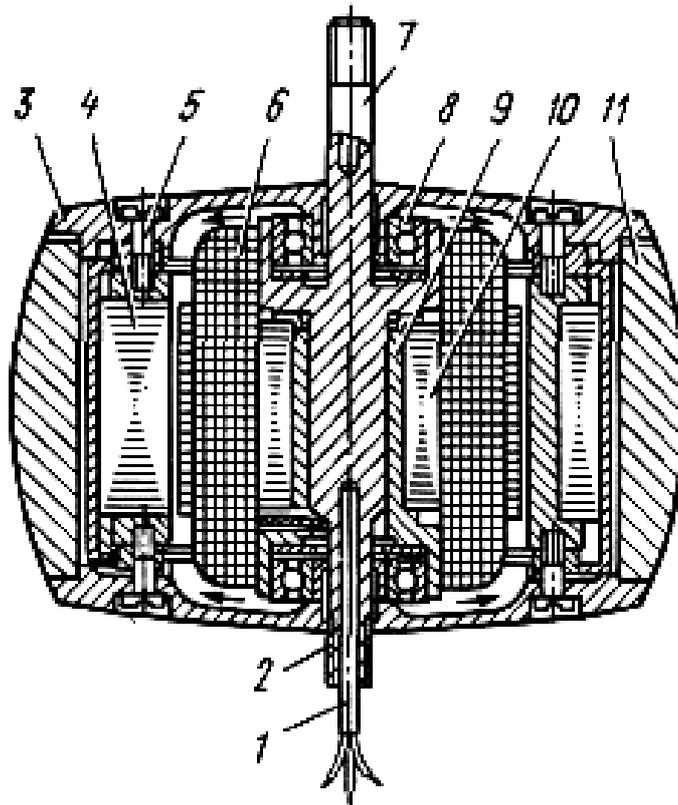


Рис. 4.1. Устройство трехфазного асинхронного двигателя с внешним ротором

Асинхронный двигатель с внешним ротором (рис. 4.1) состоит из шихтованного сердечника статора 10, собранного на втулке 9, которая напрессована на стальную невращающуюся ось 7. Трехфазная обмотка статора 6 имеет три вывода 1, которые проходят через полую часть 2 оси 7. Внешний ротор состоит из шихтованного сердечника 4, в пазах которого расположены стержни обмотки, замкнутые с двух сторон

замыкающими кольцами. Наружная поверхность ротора образована ободом 11, форма которого зависит от назначения двигателя, т. е. он может быть колесом, шкивом, роликом или просто массивным элементом – маховиком. С двух сторон обод закреплен крышками 3 посредством винтов 5. Крышки 3 сочленяются с подшипниками 8.

Асинхронные двигатели с внешним ротором применяют в электроинструменте, в рольганге на металлургических предприятиях (внешний ротор двигателя – это вращающийся ролик рольганга), в качестве двигателя-маховика для привода устройств, требующих равномерного вращения при неравномерной нагрузке на вал.

Однако самое широкое применение эти двигатели получили в гироскопических приборах в качестве *гиродвигателей*. Гироскопические приборы составляют основу навигационной техники в судостроении, авиации и ракетостроении. Основным элементом гироскопического прибора – *гироскоп*, т. е. массивный цилиндрический ротор. Приведенный в быстрое вращение, этот ротор сохраняет неизменным положение в пространстве своей оси вращения. Чем больше частота вращения ротора, тем эффективнее проявляется это свойство.

Основное требование к гидродвигателю состоит в создании большого кинетического момента, Н·м·с:

$$M_{кин} = J_2 \omega_2, \quad (4.1)$$

где J_2 – момент инерции ротора, Н·м·с²; ω_2 – угловая скорость ротора, 1/с.

Гидродвигатели для обеспечения большого момента инерции I_i изготавливают с внешним ротором, а для получения большой угловой скорости ω_2 их питают от сети переменного тока частотой $f_1 = 400 \div 2000$ Гц при числе полюсов обмотки статора $2p = 4$ или 8. Обмотку ротора гидродвигателей выполняют с малым активным сопротивлением, что определяет работу двигателя с небольшим скольжением ($s = 0,02 \div 0,05$). Это необходимо для получения жесткой механической характеристики, т.е. возможные колебания питающего напряжения и нагрузки не будут сопровождаться значительными изменениями частоты вращения ротора.

2. ЛИНЕЙНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Во многих производственных механизмах, транспортных средствах и приборных устройствах рабочий орган совершает поступательное или возвратно-поступательное движение. Для привода этих устройств и механизмов используют двигатели с вращательным движением ротора и промежуточным кинематическим звеном для преобразования вращательного движения в линейное. Такое звено усложняет привод, вызывает дополнительные потери мощности, снижает КПД и надежность. Кинематика привода указанных устройств упрощается, если использовать линейный электродвигатель, у которого подвижная часть совершает поступательное или возвратно-поступательное движение. Наибольшее применение получили линейные асинхронные двигатели (ЛАД).

Принцип действия ЛАД основан на способности многофазной (трехфазной) системы токов создавать бегущее магнитное поле. Если в обычном асинхронном двигателе статор цилиндрической формы разрезать вдоль его оси и развернуть в плоскость (рис. 4.2), то получим статор линейного двигателя, называемый индуктором 1. Если обмотку индуктора соединить звездой или треугольником и включить в

трехфазную сеть, то возникает магнитное поле, ось которого будет перемещаться вдоль развернутой поверхности сердечника индуктора с синхронной скоростью v_1 . Такое магнитное поле называют бегущим.

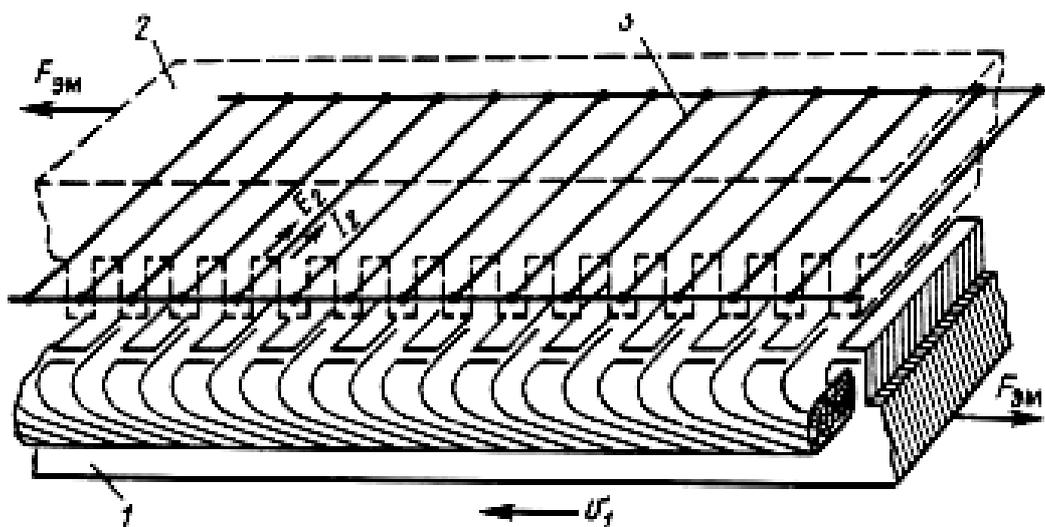


Рис. 4.2. Электромагнитная схема линейного асинхронного двигателя

Синхронная скорость бегущего поля пропорциональна частоте тока f_1 и длине индуктора L_u и обратно пропорциональна числу пар полюсов в обмотке индуктора p :

$$v_1 = \frac{f_1 L_u}{p}. \quad (4.2)$$

Вблизи индуктора, параллельно ему, расположен вторичный элемент, состоящий из магнитопровода 2 (на рис. 4.2 показан пунктирными линиями), в пазы которого заложены алюминиевые или медные стержни 3 короткозамкнутой обмотки. Бегущее поле индуктора, сцепляясь со стержнями 3 короткозамкнутой обмотки, будет наводить в них ЭДС E_2 , которая создаст токи I_2 . Взаимодействуя с бегущим магнитным полем, эти токи создают электромагнитные силы $F_{эм}$, стремящиеся сместить магнитопроводы индуктора и вторичного элемента относительно друг друга в противоположных направлениях. Если один из магнитопроводов, например индуктора, закрепить неподвижно, то другой магнитопровод, называемый в этом случае бегунком, будет линейно перемещаться относительно первого в направлении движения бегущего поля. В итоге электроэнергия, поступающая в обмотку индуктора из сети, будет преобразовываться в механическую энергию линейного (поступательного) движения.

Если неподвижным сделать вторичный элемент, то бегунком станет индуктор, который будет перемещаться линейно в направлении, противоположном движению создаваемого им бегущего поля.

Электромагнитная сила, вызывающая линейное перемещение бегунка линейного двигателя, прямо пропорциональна числу пар полюсов обмотки индуктора p , току вторичного элемента I_2 и бегущему магнитному полю Φ_2 :

$$F_{эм} = c_m p I_2 \Phi_2 \cos \psi_2, \quad (4.3)$$

где c_m – постоянный коэффициент, определяемый конструкцией линейного двигателя;

ψ_2 – угол сдвига фаз между ЭДС \dot{E}_2 и током \dot{I}_2 во вторичном элементе двигателя.

Скорость движения бегунка v_2 всегда меньше скорости бегущего поля v_1 , так как только в этом случае в обмотке вторичного элемента ЛАД наводится ЭДС. Таким образом, в ЛАД, так же как и в двигателях с вращательным движением ротора, скольжение s характеризует отставание подвижной части двигателя от бегущего поля:

$$s = \frac{v_1 - v_2}{v_1}. \quad (4.4)$$

Имеются конструкции ЛАД, в которых в качестве вторичного элемента используется полоса из меди, алюминия или стали, обладающей ферромагнитными свойствами. Возможно применение составного вторичного элемента, например полосы из ферромагнитной стали, покрытой слоем меди.

Линейные асинхронные двигатели используют для привода заслонок, подъемно-транспортных средств, металлообрабатывающих станков, в электроприводе манипуляторов (роботов) и во многих других случаях, где рабочий орган должен совершать поступательное или возвратно-поступательное движение. Рассмотрим несколько примеров практического применения ЛАД. На рис. 4.3, а показано устройство привода тележки мостового крана с ЛАД. На тележке 3 расположен индуктор линейного двигателя, состоящий из шихтованного сердечника 6, в пазах которого расположена обмотка 5. Направляющая для колес 2 представляет собой стальную балку 1, к нижней части которой прикреплена стальная полоса 4 – вторичный элемент ЛАД.

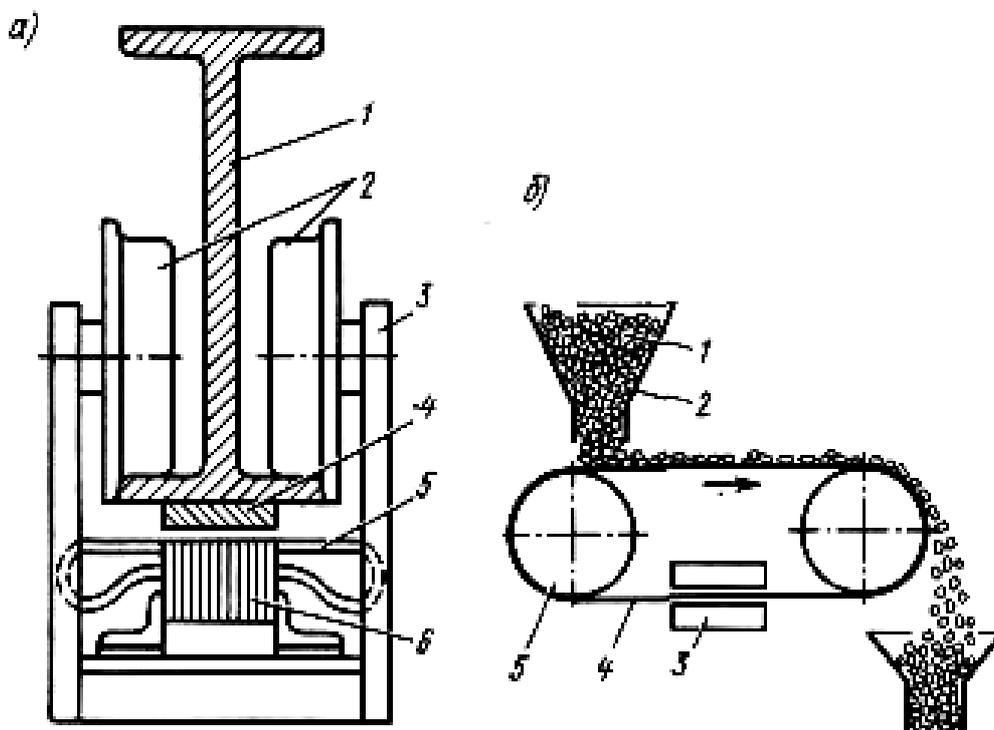


Рис. 4.3. Линейные асинхронные двигатели для привода тележки мостового крана (а) и ленты транспортера (б)

На рис. 4.3, б показан пример применения ЛАД для привода ленточного конвейера, транспортирующего сыпучие материалы 1 из бункера 2. Груз переносится металлической лентой 4, укрепленной на вращающихся барабанах 5. Металлическая лента – вторичный элемент ЛАД. Электромагнитное усилие, приводящее ленту в движение, возникает на

участке ленты, проходящем в воздушном зазоре между двумя индукторами 3.

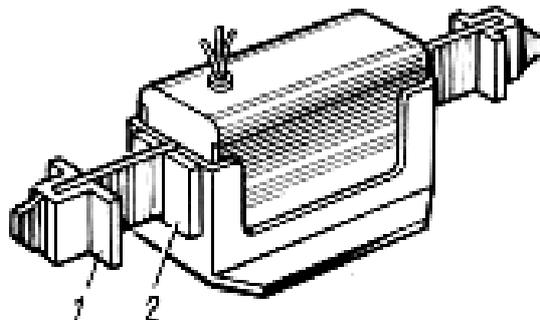


Рис. 4.4. Линейный асинхронный двигатель возвратно-поступательного движения

В ЛАД с возвратно-поступательным движением, которые получили наибольшее применение для привода производственных механизмов и станков, изменяется направление бегущего поля индуктора в момент окончания движения бегунка в одном из направлений. Для этого необходимо изменять порядок чередования фаз питающего напряжения. Для торможения бегунка в конце хода применяют ограничительные пластины на бегунке 1 и индукторе 2 (рис. 4.4). Иногда между этими пластинами располагают пружины.

Примеры использования линейных двигателей в металлообрабатывающих станках – привод стола плоскошлифовального станка или привод стола продольно-строгального станка.

Недостатки линейных асинхронных двигателей: явление краевого эффекта, трудность увеличения электромагнитного усилия, создаваемого двигателем. Явление краевого эффекта представляет собой комплекс электромагнитных процессов, обусловленных разомкнутой конструкцией статора (индуктора). Нежелательные последствия краевого эффекта – появление «паразитных» тормозных усилий, направленных встречно движению подвижной части двигателя; возникновение поперечных сил, стремящихся сместить подвижную часть двигателя в поперечном направлении. Краевой эффект вызывает ряд других нежелательных явлений, ухудшающих рабочие характеристики линейных двигателей. В двигателях с вращательным движением ротора электромагнитный момент, развиваемый двигателем, усиливается применением редуктора, понижающего частоту вращения. В ЛАД увеличение силы, действующей на рабочий орган машины, возможно лишь посредством рычага (системы рычагов), с большим плечом на стороне двигателя. Однако это усложняет привод и лишает его главного достоинства, которое достигается заменой двигателя с вращательным движением ротора на линейный двигатель.

В линейных двигателях возвратно-поступательного движения возникают неблагоприятные условия работы, вызванные чередованием циклов разгона в начале движения бегунка и торможения в конце его движения. Поэтому целесообразно регулировать скорость, изменяя частоту питающего напряжения f_1 . Применяемые для этого регуляторы частоты должны обеспечивать оптимальный закон изменения частоты, соответствующий минимальным потерям в переходных режимах разгона и торможения.

Розробив:

доцент кафедри автомобільної електроніки

д.т.н., с.н.с.

А.В. Гнатов

старший викладач кафедри автомобільної електроніки

к.т.н.

Щ.В. Аргун