

УДК 621.345.1

А.В. Аристов, В.О. Нагорный

## Управление двухфазным асинхронным двигателем в оптико-механических системах со сканированием

Рассмотрен вопрос построения оптико-механических систем со сканированием, выполненных на базе двухфазного асинхронного двигателя, работающего в шаговом, колебательном или пульсирующем режимах работы. Представлены функциональная схема системы управления электроприводом, а также законы изменения электромагнитного поля в воздушном зазоре асинхронного двигателя при различных режимах работы, обеспечивающие высокую координатную точность.

**Ключевые слова:** оптико-механическое устройство со сканированием, шаговый режим, пульсирующий режим, колебательный режим, асинхронный двухфазный двигатель.

Как известно, в основе работы современных оптико-механических систем со сканированием заложен оптико-корреляционный принцип определения направления на оптический излучатель, заключающийся в измерении рассогласования во взаимном положении изображения излучающего объекта и изображения его маски при непрерывном колебании последней по измеряемой координате [1]. При этом сам процесс сканирования выполняется в два этапа. На первом этапе в режиме поиска производится вывод маски на заданную координату за счет вращения или шагового перемещения ее с помощью исполнительного двигателя углового движения, а на втором – осуществление колебательного или пульсирующего движения относительно оптической оси. Получение последних видов движения маски требует при использовании серийных электродвигателей наличия электро-механического преобразователя движения, что существенно ограничивает частоту сканирования, вносит существенный вклад в погрешность ориентатора и снижает его надежность и всей системы в целом.

Одним из решений поставленной задачи, позволяющих устранить перечисленные недостатки, может служить построение безредукторного электропривода движения маски объекта на базе двухфазного асинхронного электродвигателя (АД), работающего в режиме периодического движения за счет фазовой модуляции питающих напряжений или токов с использованием прерывания по одной из его обмоток [2].

На рис. 1 представлена функциональная схема электропривода оптико-механического сканатора.

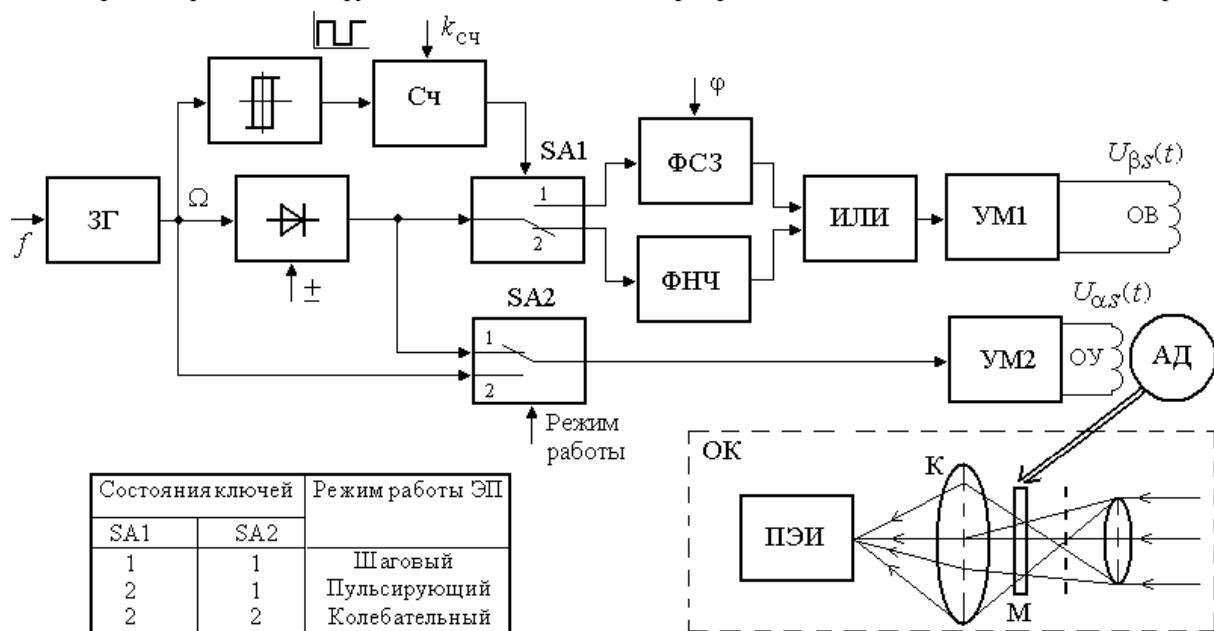


Рис. 1. Функциональная схема электропривода оптико-механического сканатора

Она содержит: регулируемый задающий генератор, выполненный с кварцевой стабилизацией частоты (ЗГ); однофазный однополупериодный выпрямитель; компаратор; счетчик с регулируемым коэффициентом счета (Сч); электронные ключи SA1 и SA2; регулируемое фазосдвигающее звено (ФСЗ); фильтр низкой частоты (ФНЧ); схему ИЛИ; два усилителя мощности (УМ1, УМ2) и оптический коррелятор (ОК). Последний включает в себя конденсатор (К), формирующий корреляционное световое пятно на фоточувствительную площадку приемника энергии излучения (ПЭИ), и маску объекта (М).

На первом этапе сканирования осуществляется шаговый режим работы ЭП за счет питания обмоток управления (ОУ) и возбуждения (ОВ) асинхронного двухфазного двигателя двумя пульсирующими напряжениями, сдвинутыми относительно друг друга на угол  $\varphi$  (состояния ключей SA1 и SA2 определены таблицей на рис. 1). При максимальном фазовом угле сдвига ( $\varphi=90^\circ$ ) выходные напряжения, снимаемые с выхода выпрямителя и регулируемого фазосдвигающего звена, будут иметь вид

$$U_{\alpha s}(t) = k_1 U_m \left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos(2i\Omega t)}{(2i-1)(2i+1)} \right\},$$

$$U_{\beta s}(t) = k_1 k_2 U_m \left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \cos \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos 2i(\Omega t + \pi/2)}{(2i-1)(2i+1)} \right\},$$

где  $U_m, \Omega$  – амплитуда и круговая частота выходного напряжения ЗГ;  $k_1, k_2$  – коэффициенты передачи, соответственно выпрямителя и фазосдвигающего звена. В результате в воздушном зазоре двухфазного АД формируется электромагнитное поле, результирующий вектор потокосцепления которого изменяется по закону

$$\chi_0(t) = \text{Arctg} \frac{\left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos(2i\Omega t)}{(2i-1)(2i+1)} \right\}}{k_2 \left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \cos \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos 2i(\Omega t + \pi/2)}{(2i-1)(2i+1)} \right\}},$$

а ротор двигателя совершает шаговые движения  $\chi(t)$  с частотой  $\Omega = 2\pi f$  (рис. 2). Продолжительность шагового режима работы ЭП определяется заданным коэффициентом счета счетчика  $k_{сч}$  и частотой задающего генератора  $f$ , после чего ключ SA1 переходит в состояние 2, а сам АД – в пульсирующий или колебательный режим работы.

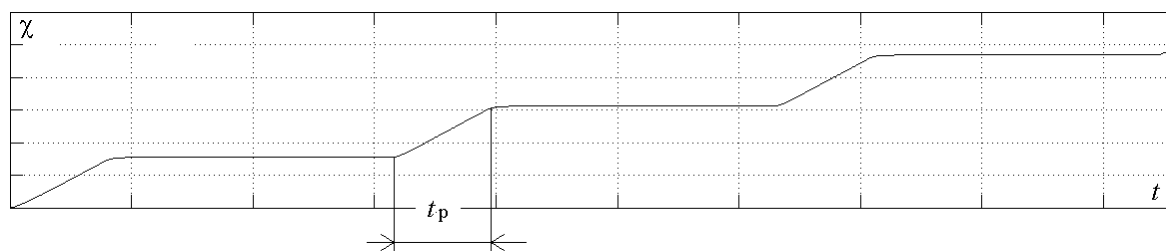


Рис. 2. Закон движения маски объекта оптико-механического сканатора при шаговом режиме работы

Следует заметить, что при формировании шагового режима работы рассматриваемая система управления АД позволяет регулировать время разгона  $t_p$  подвижного элемента двухфазного асинхронного двигателя до установившегося значения амплитуды шага. Это осуществляется за счет изменения фазового сдвига  $\varphi$  между выходным напряжением выпрямителя и выходным напряжением регулируемого фазосдвигающего звена.

При реализации пульсирующего режима работы АД напряжение, снимаемое с выхода выпрямителя, сглаживается с помощью ФНЧ и после усиления по мощности поступает на обмотку возбуждения исполнительного двигателя

$$U_{\beta s}(t) = \frac{k_3 k_4}{2\pi} \int_0^{2\pi} k_1 U_m \left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos(2i\Omega t)}{(2i-1)(2i+1)} \right\} d\Omega t,$$

где  $k_3, k_4$  – коэффициенты передачи ФНЧ и усилителя мощности УМ1. Закон движения результирующего вектора потокосцепления в воздушном зазоре АД описывается выражением

$$\chi_0(t) = \text{Arctg} \frac{\left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos(2i\Omega t)}{(2i-1)(2i+1)} \right\}}{\frac{k_3 k_4}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left\{ \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \Omega t - \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos(2i\Omega t)}{(2i-1)(2i+1)} \right\} d\Omega t}.$$

На рис. 3, *a* представлен закон движения маски объекта оптико-механического сканатора при пульсирующем режиме работы.

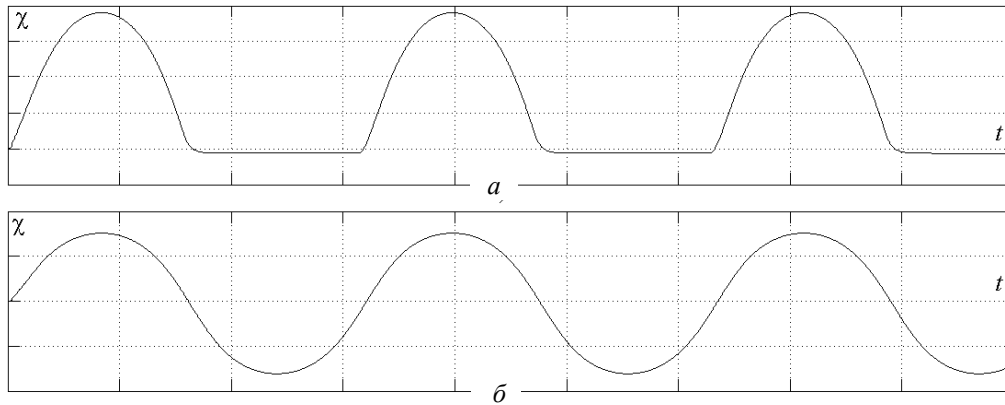


Рис. 3. Законы движения маски объекта оптико-механического сканатора при пульсирующем – *a* и колебательном – *б* режимах работы

Регулирование выходных параметров электропривода, а именно частоты пульсаций, осуществляют за счет изменения частоты задающего генератора ЗГ, а амплитуды момента, скорости или координаты – за счет регулирования коэффициента передачи усилителя мощности УМ2. Кроме того, система управления предусматривает возможность реверсирования направления движения подвижного элемента АД за счет изменения знака выходного напряжения, снимаемого с выпрямителя.

При реализации колебательного режима работы электропривода сканатора обмотка возбуждения ОВ асинхронного двигателя запитывается, как и в случае пульсирующего режима работы, напряжением постоянного тока, а обмотка управления – напряжением задающего генератора. Благодаря этому, в законе движения электромагнитного поля отсутствуют высокочастотные пульсации двойной частоты сети (рис. 3, *б*), что присуще другим видам фазовой модуляции при формировании колебательного режима работы АД [3]. Так как в законе движения подвижного элемента асинхронного двигателя высокочастотные пульсации также отсутствуют, то электропривод характеризуется повышенной координатной точностью.

В случае необходимости формирования при сканировании пульсирующего движения прямоугольной формы необходимо обеспечивать компенсацию динамического смещения нейтрали пульсаций при регулировании частоты задающего генератора  $f$ . Последнее может быть выполнено согласно функциональной схеме электропривода, представленной на рис. 4.

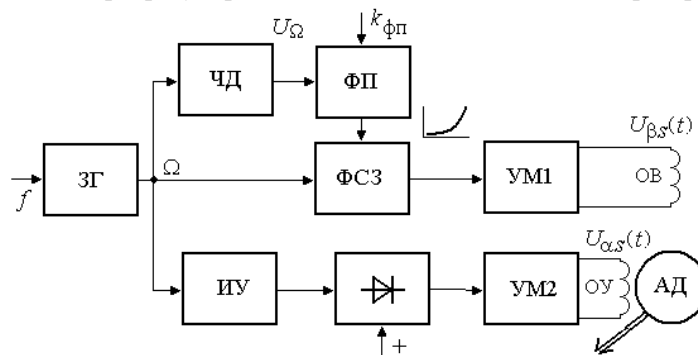


Рис. 4. Функциональная схема электропривода оптико-механического сканатора, реализующая прямоугольный закон пульсирования маски

Она включает в себя, кроме уже известных блоков, частотный демодулятор (ЧД), функциональный преобразователь (ФП) и инвертирующий усилитель (ИУ).

Основной особенностью схемы является то, что напряжение с задающего генератора поступает дополнительно на вход частотного демодулятора, где оно преобразуется в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна частоте пульсаций

$$U_{\text{ЧД}} = k_5 \Omega,$$

где  $k_5$  – коэффициент передачи частотного демодулятора, и далее – на вход функционального преобразователя. Функциональный преобразователь формирует на своем выходе напряжение согласно алгоритму

$$U_{\text{ФП}} = k_6 k_5 \Omega^2,$$

где  $k_6$  – коэффициент передачи функционального преобразователя. С выхода ФП напряжение подается на вход регулируемого фазосдвигающего звена. В результате выходное напряжение регулируемого ФСЗ сдвигается при регулировании частоты пульсаций  $\Omega$  по фазе на угол  $\varphi$  относительно выходного напряжения задающего генератора, что и обеспечивает компенсацию динамического смещения нейтрали пульсаций. Подбором коэффициента передачи функционального преобразователя  $k_6$  производят настройку сдвига фазы  $\varphi$  регулируемого фазосдвигающего звена на максимальной частоте пульсаций  $\Omega$ .

Другой особенностью схемы является смещение напряжения управления АД относительно задающего генератора на  $180^\circ$ . Последнее достигается благодаря использованию инвертирующего усилителя ИУ. Регулирование выходных параметров привода осуществляется так же, как и для рассмотренных выше режимов работы.

**Заключение.** Предложенная в статье система управления двухфазным асинхронным двигателем для перемещения маски в оптико-механической системе со сканированием обеспечивает, в отличие от широко используемых сканаторов, различные режимы работы без дополнительных промежуточных звеньев преобразования движения. Она допускает изменения ее конфигурации при подключении новых модулей в зависимости от поставленных технологических задач. Описанные системы управления были апробированы при создании широкодиапазонных оптических корреляторов со сканированием образцов до 1020 мм. Опыт эксплуатации данных систем подтвердил высокую точность и надежность их в широком частотном диапазоне сканирования.

#### *Литература*

1. Jain A.K. On-line fingerprint verification / A.K. Jain, L. Hong, R.M. Bolle // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1997. – № 19(04). – P. 302–313.
2. Аристов А.В. Электропривод колебательного движения с машиной двойного питания. – Томск: Изд.-полиграф. фирма ТПУ, 2000. – 176 с.
3. Луковников В.И. Электропривод колебательного движения. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

---

#### **Аристов Анатолий Владимирович**

Д-р техн. наук, профессор каф. электропривода и электрооборудования ТПУ  
Эл. почта: Parist@sibmail.com  
Тел.: +7 (382-2) 56-32-55

#### **Нагорный Василий Олегович**

Инженер-конструктор 1-й категории ОАО «НПЦ Полюс»  
Эл. почта: gryzun@rbcmail.ru  
Тел.: +7 (382-2) 76-19-28

Aristov A.V., Nagornyj V.O.

#### **Double-phase induction motor control in optical mechanics scanning systems**

The paper considers the problem of optical mechanics scanning systems designed on the basis of a double-phase induction motor operating in stepwise, oscillatory, and pulsating modes. The paper presents the functional diagram of the electric drive control system as well as the laws of electromagnetic field variation in an air gap of the motor at different operating modes which provide a high coordinate accuracy.

**Key words:** optical mechanics scanning system, stepwise mode, oscillatory mode, pulsating mode, double-phase induction motor