

УДК 621.382.049.77:669.017.13

**СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
В РЕЖИМЕ НЕРАВНОМЕРНОЙ СКОРОСТИ НА ВАЛУ**

*канд. техн. наук, доц. С.Э. ЗАВИСТОВСКИЙ, П.П. РЕДЬКО, И.С. РУСЕЦКИЙ  
(Полоцкий государственный университет)*

Представлена схематехника однофазного электропривода постоянного тока в режиме неравномерной (колебательной) скорости на валу с соответствующими пояснениями и осциллограммами. Описан один из принципов организации такого вращения. Основное внимание уделено схематехнике электронного управления в целях создания колебательного вращения.

В ряде технологий, в том числе и в порошковой металлургии, в целях нанесения равномерных по плотности покрытий из металлических порошков на внутренние диаметральные поверхности используют метод вибрационных технологий во вращательном поле. Создание крутильных колебаний за счет принудительного «подтормаживания» ротора способствует более плотной упаковке дисперсных частиц металлического порошка. Одним из вариантов возможен способ с использованием однофазного электродвигателя постоянного тока, работающего в режиме колебательной скорости вращения вала с электронным тиристорным управлением (рис. 1).

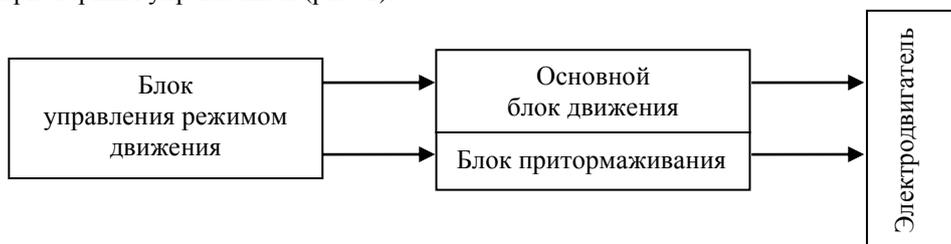


Рис. 1. Структурная схема электропривода в режиме вибраций

Принцип работы этой схемы иллюстрирует рисунок 2.

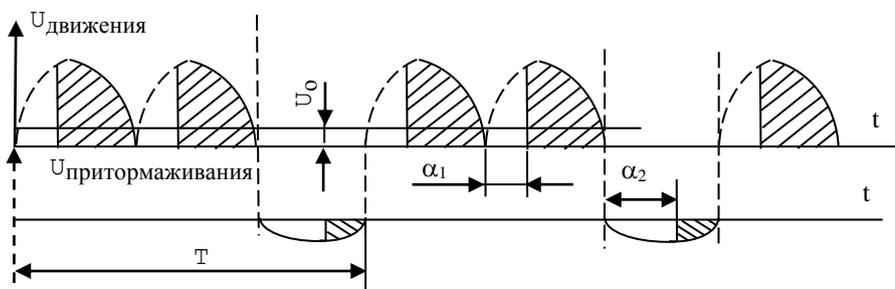


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений в режиме притормаживания

Основной блок движения периодически коммутируется командой «запрет» на прохождение одного импульса движения с одновременным «разрешением» на подачу небольшого по величине (относительно движения) импульса противоположной полярности притормаживания, следующего в зависимости от установленной периодичности через 1...19 импульсов движения, обеспечивая таким образом дискретный частотный диапазон возмущений от 5,00 до 50,00 Гц с неравномерным шагом  $\Delta F$ , возрастающим с увеличением частоты (табл. 1).

Таблица 1

Частотный ряд возмущений

Соотношения импульсов	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1	9:1	10:1	11:1	12:1	13:1	14:1	15:1	16:1	17:1	18:1	19:1
Частота, Гц	50,00	33,33	25,00	20,00	16,67	14,28	12,50	11,11	10,00	9,09	8,33	7,69	7,14	6,67	6,25	5,88	5,56	5,26	5,00

Среднее значение напряжения непрерывного ряда импульсов тиристорного регулирования:

$$U_{\alpha} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi}^0 U_m \sin \omega t \cdot d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi} (1 + \cos \alpha). \quad (1)$$

Для напряжения движения при пропуске импульса это выражение умножается на  $n_{\text{ос}}/n_T$ , где  $n_{\text{ос}}$  – количество импульсов движения в периоде;  $n_T$  – общее число импульсов, составляющих период. Аналогично и для среднего значения напряжения притормаживания ( $n_{\text{торм}}/n_T$ ).

В качестве блоков движения и притормаживания могут быть использованы серийно выпускаемые типа ЭТ и им подобные, адаптированные к данному режиму (в каждом из них используется полно-тиристорная схема выпрямления во избежание короткого замыкания, а также вводится коррекция относительно переходных процессов «разгон – торможение»).

Схема в предлагаемом варианте состоит из источника питания электронного блока на трансформаторе Т1 с элементами выпрямления и стабилизации, формирователя импульсов, смещаемых по фазе, распределителя и усилителя импульсов и тиристорного мостового двухполупериодного выпрямителя. На входе схемы включен низкочастотный активный фильтр сетевых помех на ИМС DA1 с коррекцией характеристики подстроечным резистором R4. Компаратор на DA4 преобразует синусоидальный сигнал в прямоугольные разнополярные импульсы с переключением в точках прохождения синусоиды через «нуль», а логический элемент (ЛЭ) DD1.1 ограничивает отрицательный полупериод этих импульсов для последующей работы на положительную цифровую логику. На ИМС DD1, DD2 реализован формирователь коротких импульсов, следующих с частотой 100 Гц синхронно «нулевым» точкам синусоиды. На микросхеме DA5 с элементами обвязки собран генератор пилообразного напряжения, управляемый импульсами, снимаемыми с выхода элемента DD2.3. При этом  $\sim U_2$  и  $\sim U_1$  должны совпадать в «нулевых» точках синусоиды, а импульсы, подаваемые на управляющие электроды тиристорных, быть синфазны с положительными полупериодами силового тиристорного питания.

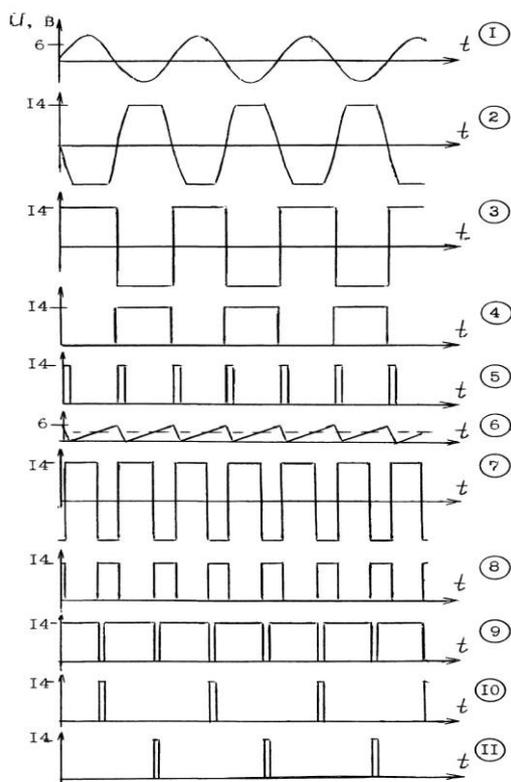


Рис. 3. Осциллограммы тиристорного управления

Так как используемый электродвигатель может иметь номиналы питающих напряжений 30, 110, 220, 380 В и т.п. а также разные мощности, то параметры элементов выходного тиристорного каскада на схеме не приводятся.

Формирование сигналов основного блока движения показано на рисунке 3, а вариант принципиальной схемы – на рисунке 4. Штриховой линией на осциллограмме 6 показан смещаемый опорный регулируемый уровень.

Амплитуда импульсов управления (осциллограммы 10 и 11) соответствует холостому режиму (номинальная около 1 В).

Блок питания в целях развития схемы имеет запас по потребляемым нагрузкам и может быть скорректирован относительно элементной базы для конкретного применения.

Теоретические и схемотехнические особенности работы рассматриваемой схемы изложены в [1, 2].

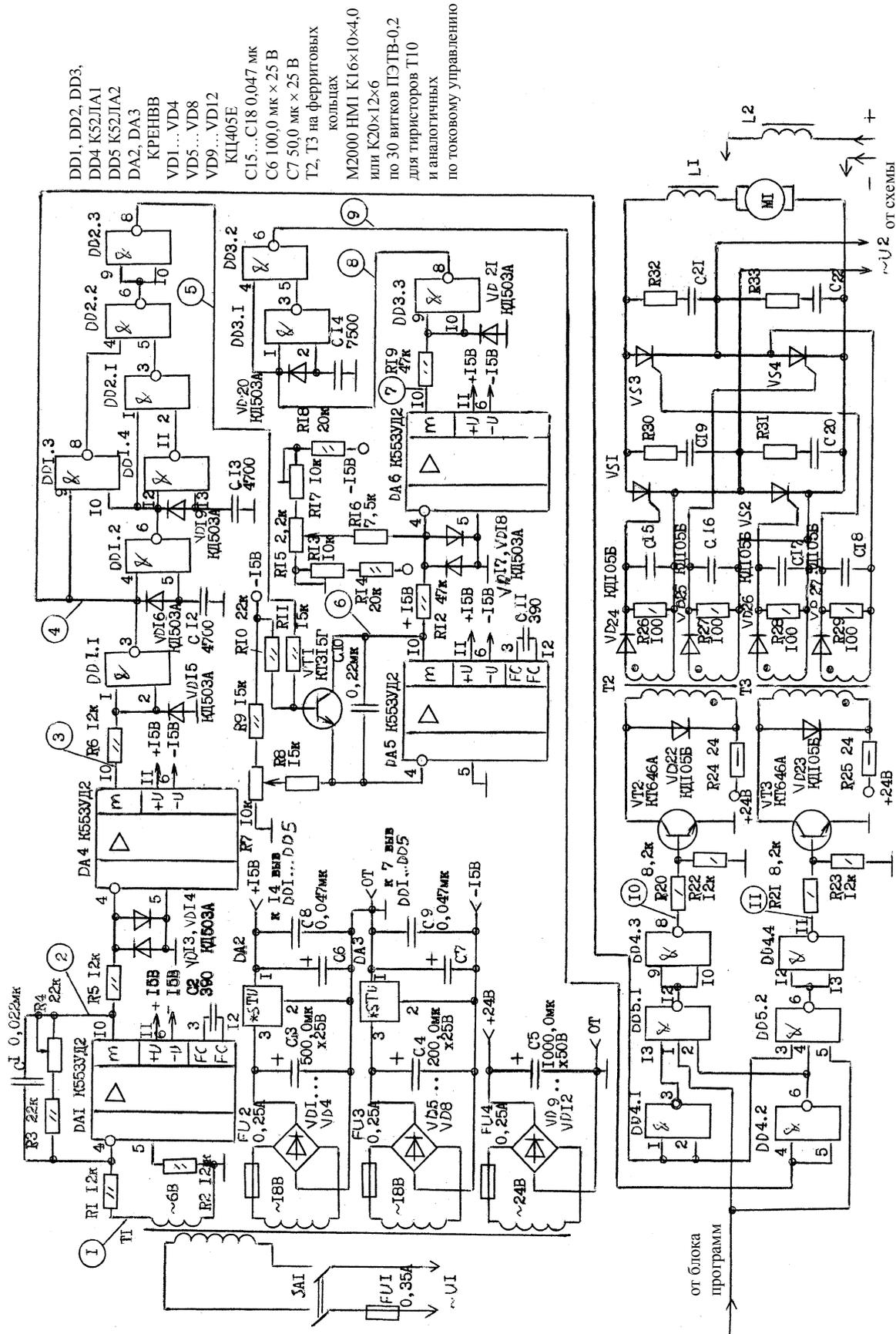


Рис. 4. Схема блока тиристорного управления



Блок притормаживания может быть реализован аналогично рисунку 3 с отдельным по параметрам силовым питанием. Синхроимпульсы СИ (вывод 8 DD2.3), импульс контроля фазового полу периода (вывод 3 DD1.1) и источник питания в этом случае рекомендованы общими, используемыми от основного блока движения.

Параметры и порядок работы микросхем серии К511 более подробно изложены в [3].

Измерения параметров вращения организуют использованием измерительного диска с прорезями и оптоэлектронного преобразователя (рис. 6), причем для повышения точности измерений необходимо строго выдержать изготовление зубьев с той целью, чтобы при прохождении датчика каждый сформированный зубом импульс накладывался точно друг на друга во избежание размазывания сформированного сигнала.

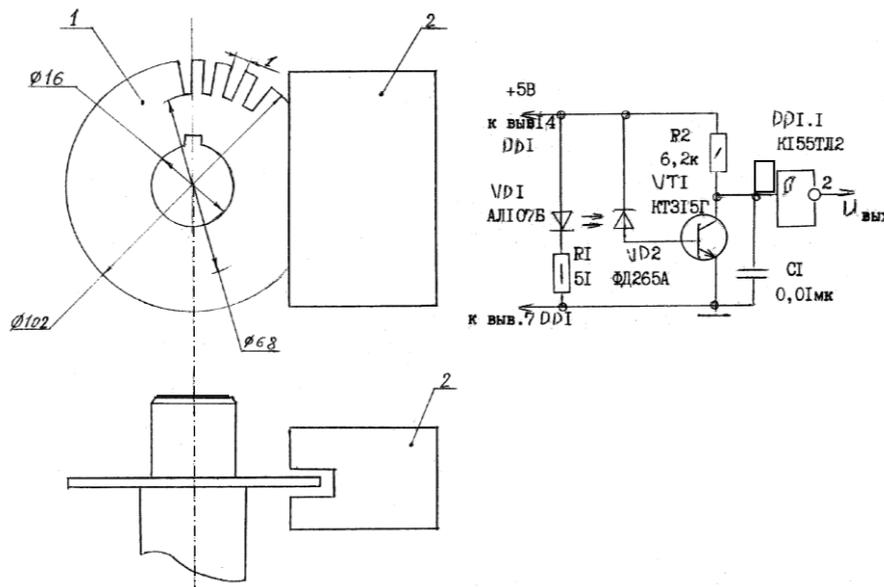


Рис. 6. Схема оптоэлектронного датчика с установочным конструктивом

Величину притормаживающих толчков (амплитуда крутильных колебаний в градусной мере) можно оценить осциллографическим методом по смещению (подергивание импульсов) относительно засинхронизированного значения (режим без притормаживания). Например, при количестве прорезей (зубьев), равном 60, период сигнала составит 6°, относительно чего можно отсчитать амплитуду толчков в градусном выражении.

Среднее значение скорости электродвигателя

$$n[\text{об/мин}] = \frac{60k}{T},$$

где  $k$  – количество зубьев измерительного диска;  $T$  – период по осциллограмме в секундах.

Возможно также использование тахометров и иных методик.

Следует отметить, что уменьшение пропорции рабочего и притормаживающего импульсов и увеличение среднего значения тормозящего импульса приводят к существенному снижению средней скорости и момента электродвигателя.

Дополнительное вибрационное воздействие на процесс центробежной индукционной наплавки приводит к повышению плотности бронзовых покрытий, вплоть до достижения их монолитности.

Результаты исследований были использованы при разработке опытно-промышленного оборудования по виброцентробежной наплавке тяжелонагруженных деталей станочного оборудования ОАО «Оршанский льнокомбинат».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.
2. Редько П.П. Формирователь синхроимпульса для сетевого напряжения // Радиомир. – 2001. – № 7. – С. 13.
3. Интегральные микросхемы: Справочник / Б.В. Тарабрин, Л.Ф. Лунин, Ю.Н. Смирнов и др.; Под ред. Б.В. Тарабрина. – М.: Радио и связь, 1984. – С. 237 – 242.