

В.Л. Анхимюк, докт. техн. наук,
В.А. Новицкая

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

При исследовании динамики систем автоматизированного электропривода с вентильными преобразователями постоянного тока используются математические (динамические) модели, характеризующие изменение переменных состояния системы, которые обычно представляют собой средние значения. Эти модели представляются различными структурами, отражающими работу системы в режимах непрерывных и прерывистых токов. В последнем случае вводятся в рассмотрение эквивалентные значения активных сопротивлений и индуктивностей, представляющие собой фиктивные величины.

Такое представление затрудняет анализ переходных процессов в перемежающихся режимах непрерывного и прерывистого токов, поскольку прогнозировать границы этих режимов практически невозможно.

Указанные недостатки в значительной мере устраняются в случае использования нелинейной динамической модели, характеризующейся изменением переменных состояния в виде мгновенных значений фазовых координат. В этом случае в обоих режимах используются натуральные значения сопротивлений и индуктивностей главной цепи. В пассивной зоне, при работе системы в режиме прерывистых токов в силу разрыва цепи питания двигателя сопротивление главной цепи равно бесконечности (двигатель переходит в режим свободного выбега).

Преобразователь рассматривается как безынерционное импульсное звено, характеризующееся последовательностью знакопостоянных либо знакопеременных усеченных синусоидальных импульсов.

Преимущество рассматриваемой динамической модели состоит в более полном исследовании переходных процессов в отдельных зонах интервала дискретности (активной и пассивной зонах, зонах коммутации, зоне работы шунтирующего вентиля и т.д.).

На рис. 1 приведена динамическая модель нереверсивного вентильного электропривода, где K_T , K_M — динамические

звенья двигателя; $I_C R_O$ - возмущающее воздействие; ВП - вентильный преобразователь; $F(t)$ - операторные изображения функций управления, представляющей собой последователь-

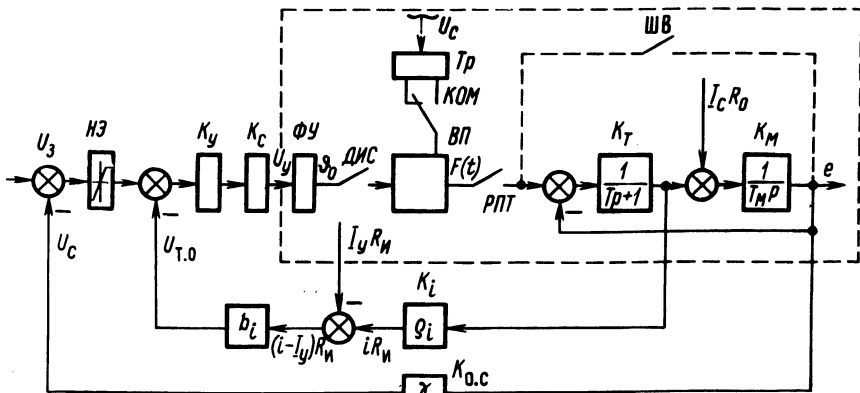


Рис. 1.

ность импульсов выходного напряжения преобразователя; РПТ - ключ, имитирующий режим прерывистого тока путем разрыва цепи вентильный преобразователь-двигатель; ФУ - фазосдвигающее устройство; ДИС - ключ, имитирующий дискретность вентильного преобразователя, замыкающийся в контактные моменты времени, соответствующие подаче на ФУ управляющего напряжения U_y , формирующего угол открывания вентиля и находящийся в разомкнутом состоянии в течение всего интервала дискретности; K_C , K_Y - динамические звенья корректирующего устройства и усилителя; НЭ - нелинейный элемент (диод, стабилитрон и т.д.), ограничивающий напряжение на входе системы в период пуска (защита входа); $K_{O.c}$ - звено в цепи обратной связи по скорости; K_i - звено в цепи обратной связи по току; iR_i , $I_y R_i$ - напряжение на измерительном сопротивлении и напряжение уставки токовой отсечки; T_r - согласующий трансформатор; КОМ - ключ, имитирующий коммутацию тока с тиристора на тиристор, либо с тиристора на шунтирующий вентиль. Там же показан контур включения шунтирующего вентиля, имитируемого ключом ШВ. При коммутации тока с тиристора на тиристор в схемах без шунтирующего вентиля ключ КОМ сначала включен на тиристор предыдущей (работающей) фазы трансформатора (левое положение); затем перекрывает обе фазы трансформатора - предыдущую и вступающую в работу (последующую) фазу и, наконец, переводится в правое положение, в котором включен тиристор только последующей фазы трансформатора.

Рассматриваемая динамическая модель состоит из двух частей: неизменяемой части структуры (обведена пунктиром) и изменяемой (регулятор с системой обратных связей).

Напряжение управления формируется под влиянием задающего воздействия и результирующего сигнала, вырабатываемого регулятором, контролирующим координаты объекта управления посредством системы обратных связей.

Так как открывание тиристорov в замкнутой системе осуществляется в контактные моменты в конце интервала дискретности, то в течение следующего интервала дискретности система оказывается разомкнутой относительно управляющего напряжения, и изменение U_y на этом интервале под действием регулятора до следующего контактного момента никакого влияния на переходный процесс оказывать не будет.

Поэтому можно составить обобщенный алгоритм расчета переходного процесса электропривода как разомкнутой системы при постоянном значении угла открывания в пределах интервала дискретности, независимо от характера полной структуры динамической модели системы.

Для системы вентильного электропривода уравнение напряжений главной цепи в режиме непрерывных токов и в активной зоне прерывистых токов

$$\epsilon + i + T \frac{di}{dt} = F(t),$$

а уравнение движения электропривода при постоянстве магнитного потока двигателя

$$i_c + T_m \frac{d\epsilon}{dt} = i.$$

В пассивной зоне прерывистых токов система описывается одним уравнением свободного выбега двигателя

$$T_m \frac{d\epsilon}{dt} = -i_c.$$

Функция управления $F(t)$ в случае отсутствия шунтирующего диода и идеальной коммутаций имеет вид

$$F(t) = \sum_{k=1}^n f_k(t) [1(\alpha_t^k) - 1(\alpha_t^{k+1})].$$

Здесь

$$f_k(t) = \sin \beta_t^k, \beta_t^k = \vartheta_{\text{нач}} + \alpha_t^k, \alpha_t^k = \omega(t - t_{k-1}),$$

где k - номер рассматриваемого интервала проводимости; $\vartheta_{\text{нач}}$ - начальный угол открывания тиристора.

Уравнения регулятора составляются на основании заданной структуры вентильного электропривода в виде операторного уравнения, связывающего управляющее напряжение с контролируемыми фазовыми координатами объекта управления.

Резюме. Нелинейная динамическая модель охватывает все режимы работы вентильного электропривода, носит обобщенный характер и проста по принципу своего построения.

УДК 62 - 83:621.313.13

В.Л. Анхимюк, докт. техн. наук,
М.П. Слукка

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ С ФАЗОВЫМ ДИСКРИМИНАТОРОМ

В прецизионных электроприводах постоянного тока нашел широкое применение принцип фазового сравнения частот. Этому способствовало использование кварцевых генераторов в качестве задающего устройства. Эти генераторы имеют погрешность стабилизации частоты $1 \cdot 10^{-5} \div 6 \cdot 10^{-12}$. В сочетании с дискретными делителями частоты они практически не вносят погрешностей в систему управления. Применение фазового дискриминатора для выявления разности частот сигнала задания и обратной связи позволяет получить интегральную составляющую этой разности. Рассматриваемая система стабилизации частоты вращения двигателя сходна с известными в радиотехнике системами фазовой автоподстройки частоты [1].

В синхронном режиме структурная схема электропривода изображена на рис. 1, а. Она содержит двигатель постоянного тока (звенья K_T и K_θ), преобразователь K_P , фазовый дискриминатор $K_{\text{фд}}$ с непериодической многопетлевой нормированной характеристикой, имеющей линейный рабочий участок. Все эти звенья охвачены отрицательной обратной связью по скорости (э.д.с.) двигателя при $\Phi_B = \text{const}$. На вход системы подается задающее воздействие f .

Синхронный режим является режимом стабилизации. При этом для качественной работы системы необходимо, чтобы возникающие под действием возмущений колебания угла рассогласования φ не выходили за пределы интервала квантования импульсного датчика скорости. Это позволяет представить фазовый дискриминатор линейным звеном, а систему стабилизации частоты вращения рассматривать как линейную сис-