

На рис. 2 приведен ряд осциллограмм, показывающих характер изменения во времени электромагнитного момента M при некоторых определенных режимах работы системы НПЧ-АД.

В режиме прерывистого тока и неподвижном роторе АД электромагнитный момент имеет вид импульсов с постоянной амплитудой.

Влияние э.д.с. вращения при прерывистом токе статора проявляется в том, что электромагнитный момент имеет переменные амплитуды импульсов и может принимать даже отрицательные значения (рис. 2, а, в).

Более приемлемым для электропривода является режим непрерывного тока (рис. 2, г, д), при котором электромагнитный момент носит непрерывный характер изменения во времени без нулевых значений.

Л и т е р а т у р а

1. Ильин О.П., Шейна Г.П., Петренко Ю.Н. Метод исследования периодических режимов в регулируемом асинхронном электроприводе. - "Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук", 1970, № 4. 2. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока. М., 1963. 3. Фираго Б.И., Павлович С.Н. Преобразователь частоты с непосредственной связью на симисторах без уравнивающих токов. - "Изв. вузов. Энергетика", 1970, № 8. 4. Фираго Б.И., Павлович С.Н. Выходное напряжение и ток преобразователя частоты с непосредственной связью при работе на асинхронный двигатель. - "Изв. вузов. Энергетика", 1972, № 3.

В.П. Беляев, М.В. Мишурная, Ю.Н. Петренко

РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЧАСТОТНОУПРАВЛЯЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЦВМ

Асинхронный электропривод, в котором двигатель питается от различных преобразовательных устройств (полупроводниковых, дроссельных и др.) находит все более широкое применение в промышленности. В связи с этим возрастает интерес к исследованию электромагнитных процессов в двигателе при питании его от источника с напряжением несинусоидальной формы.

В данном случае целесообразно [1] применение координат, неподвижных в пространстве, т.е. жестко связанных со статором двигателя.

Получаемые при этом потокосцепления и токи статора являются реальными физическими величинами. Уравнения двигателя [2] после несложных преобразований можно привести к виду

$$\left. \begin{aligned} D \psi_{s\alpha} &= u_{s\alpha} - a_{11} \psi_{s\alpha} + a_{12} \psi_{r\alpha}, \\ D \psi_{s\beta} &= u_{s\beta} - a_{11} \psi_{s\beta} + a_{12} \psi_{r\beta}, \\ D \psi_{r\alpha} &= a_{21} \psi_{s\alpha} - a_{22} \psi_{r\alpha} - \omega_r \psi_{r\beta}, \\ D \psi_{r\beta} &= a_{21} \psi_{s\beta} - a_{22} \psi_{r\beta} + \omega_r \psi_{r\alpha}, \\ D \omega_r &= \frac{1}{I} \left[\frac{3}{2} \frac{a_{12}}{R_s} (\psi_{s\beta} \psi_{r\alpha} - \psi_{s\alpha} \psi_{r\beta}) - M_c \right], \end{aligned} \right\} (1)$$

где a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} - коэффициенты, зависящие от параметров двигателя [2].

В настоящей статье рассматривается решение дифференциальных уравнений с помощью ЦВМ, применение которой обеспечивает следующие преимущества: 1) легкость воспроизведения логических операций; 2) не требуется индивидуальное масштабирование; 3) высокая точность решения, устанавливаемая заранее; 4) возможность решения задачи большого объема.

В основу были положены следующие требования к алгоритмизации и программированию: 1) универсальность программы; 2) простота использования; 3) легкость ввода изменений исходных данных; 4) минимальное время решения.

Выделяют два основных вида универсальных программ: 1) для расчета периодических режимов; 2) для расчета переходных процессов.

При расчете периодических режимов целесообразно осуществить переход к комплексной форме записи уравнений (1). Последнее допустимо лишь для линейных систем, что достигается условием $\omega_r = \text{const}$. При реализации такой методики на ЦВМ удается получить минимальное время решения. Трудности возникают при расчете периодических режимов двигателя, при несинусоидальном напряжении, когда имеют место пульсации скорости [2], вызванные действием пульсирующих моментов.

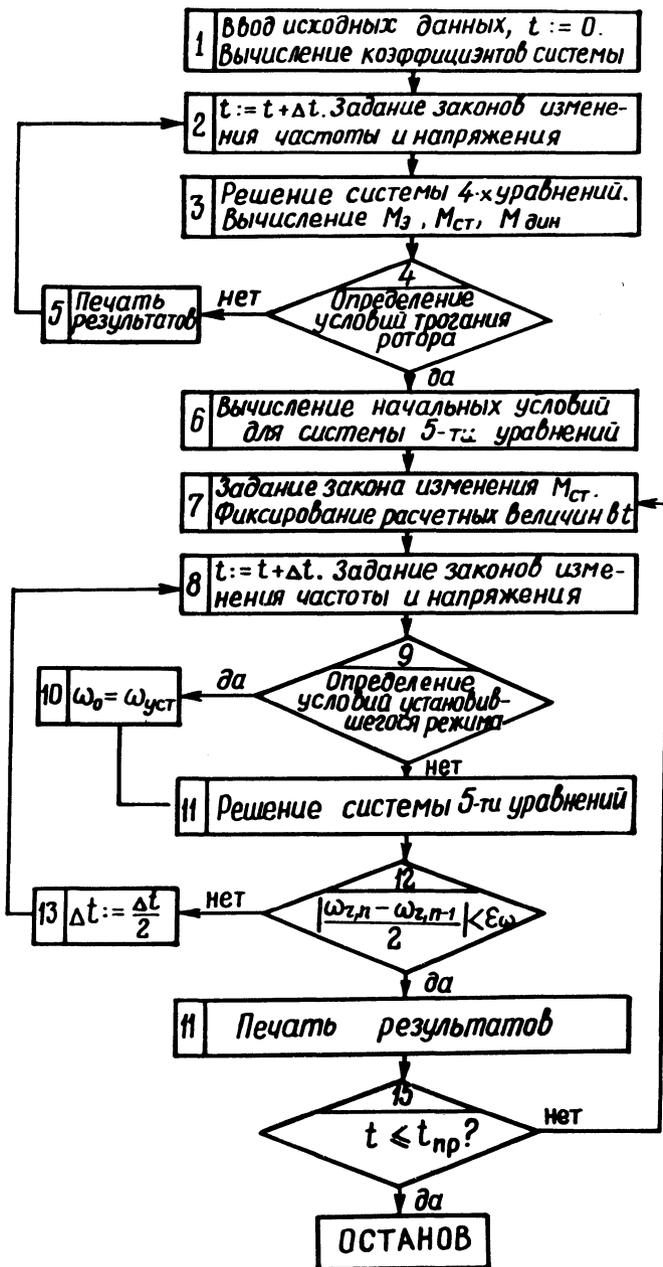


Рис. 1.

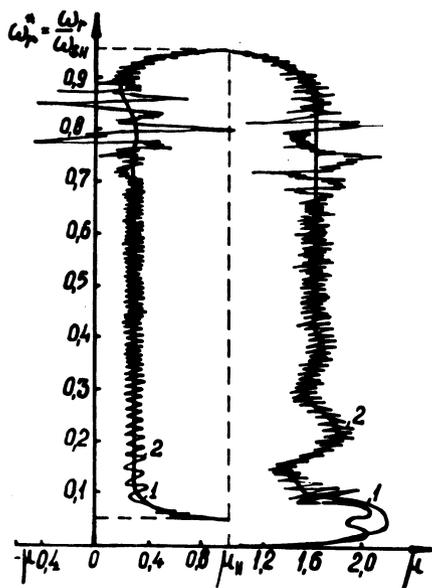


Рис. 2.

По мере снижения частоты возрастает погрешность, вносимая допущением $\omega_r = \text{const}$, что делает этот метод практически непригодным. Поэтому здесь избран второй путь – составление универсальной программы, пригодной для расчета и периодических переходных процессов.

Решение системы (1) проводится следующим образом. Первоначально осуществляется решение первых четырех уравнений, в процессе которого наблюдается нарастание электромагнитного момента двигателя M_{θ} . Решение продолжается до достижения $M_{\theta} > M_c$. С этого момента осуществляется переход к решению всех пяти уравнений (1).

Напряжение питания двигателя может быть задано дискретно-таблично либо в виде гармонического ряда.

Согласно выражению [1] $\bar{u} = \sum_{\nu=1}^{\infty} \bar{u}_{\nu} = \sum_{\nu=1}^{\infty} u_{\nu m} \exp[+j(\nu\omega t + \alpha_{\nu})]$, где ν , $u_{\nu m}$, α_{ν} – порядок, амплитуда и значение начального фазового угла ν -й гармоники соответственно.

На рис. 1 приведена блок-схема программы, реализующей предложенный алгоритм.

Программа написана на алгоритмическом языке автокода "Инженер" для ЦВМ "Минск-22М" и занимает 320 ячеек памяти без учета стандартных программ. Время расчета одного ва-

рианта составляет 20 – 30 мин, основную часть которого занимает печать результатов.

Поскольку программа универсальна, то печать результатов может производиться выборочно, в определенные моменты времени.

На рис. 2 в качестве примера приведены фазовые портреты частотного пуска и торможения привода при питании двигателя синусоидальным (кривая 1) и несинусоидальным (кривая 2) напряжением при номинальной нагрузке. При этом использовался линейный закон частотного управления частотой во времени $\omega = \omega_{нач} + \epsilon t$ и пропорциональный закон частотного управления, при котором двигатель развивает момент, равный критическому в номинальном режиме. Результаты расчетов показали, что они отражают явления, протекающие в частотноуправляемом электроприводе.

Л и т е р а т у р а

1. Петренко Ю.Н. Разработка и исследование частотного электропривода с асинхронным двигателем при питании от инвертора напряжения. Дис. Минск, 1971, 2. Копылов И.П., Мамедов Ф.А., Беспалов В.Я. Математическое моделирование электрических машин. М., 1969. 3. Ильин О.П. и др. Электромагнитные процессы асинхронного электродвигателя при несинусоидальном питающем напряжении на электронной модели. – В сб.: Источники и потребители переменного тока повышенной частоты. Кишинев, 1972.

А.И. Плакс

БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ТИРИСТОРНЫХ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В статье исследуются вопросы определения быстродействия тиристорных возбудителей при срабатывании форсировки. Под быстродействием в данном случае будем понимать время нарастания тока возбуждения синхронного двигателя при форсировке, т.е. от номинального до максимального (форсировочного) значения.

Для удобства делаем ряд допущений: питающая сеть имеет бесконечную мощность; выпрямленный ток идеально сглажен;