

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ОДНОФАЗНОГО КОНДЕНСАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

При исследовании электроприводов некоторых электробытовых устройств решается задача анализа поведения асинхронных однофазных конденсаторных двигателей (АОКД). В [1] предложена математическая модель АОКД в неподвижной системе координат $[\alpha, \beta]$. Положение оси α совпадает с магнитной осью фазы рабочей обмотки статора, а ось β совмещают с осью вспомогательной обмотки.

Система уравнений, однозначно определяющая состояние конденсаторного асинхронного двигателя в операторной форме записывается в виде:

$$\begin{cases} J \cdot \omega_r \cdot p = M - M_c \\ M = Z_p \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot (\Psi_{r\beta} i_{s\alpha} - \Psi_{r\alpha} i_{s\beta}) \\ U_s = r_{s\alpha} i_{s\alpha} + \left(L_{s\alpha} - \frac{L_m^2}{L_r} \right) \cdot i_{s\alpha} \cdot p + \frac{L_m}{L_r} \cdot \Psi_{r\alpha} \cdot p \\ U_s = \frac{1}{C_\beta} \cdot i_{s\beta} \cdot \frac{1}{p} + r_{s\beta} i_{s\beta} + \left(L_{s\beta} - \frac{L_m^2}{L_r} \right) \cdot i_{s\beta} \cdot p + \frac{L_m}{L_r} \cdot \Psi_{r\beta} \cdot p \\ \frac{r_r L_m}{L_r} \cdot i_{s\alpha} = \frac{r_r}{L_r} \cdot \Psi_{r\alpha} + \Psi_{r\alpha} \cdot p + \omega_r \cdot \Psi_{r\beta} \\ \frac{r_r L_m}{L_r} \cdot i_{s\beta} = \frac{r_r}{L_r} \cdot \Psi_{r\beta} + \Psi_{r\beta} \cdot p - \omega_r \cdot \Psi_{r\alpha} \end{cases} \quad (1)$$

где r_s, r_r – активные сопротивления фазы статора и ротора; L_s, L_r – индуктивности обмоток статора и ротора; L_m – взаимная индуктивность между статорными и роторными обмотками; ω_r – угловая электрическая частота вращения ротора; J – момент инерции электромеханической системы; M_c – момент сил сопротивления, приведенный к валу машины; Z_p – число пар полюсов машины; U_s – напряжение питания обмотки статора; $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ – проекции тока статора на оси $[\alpha, \beta]$; $\Psi_{r\alpha}, \Psi_{r\beta}$ – проекции потокосцепления ротора на оси $[\alpha, \beta]$; C_β – емкость конденсатора в цепи вспомогательной обмотки.

Структурная схема АОКД на основании системы уравнений (1) приведена на рис. 1. В общем случае емкость $C_\beta = C_{\text{раб}} + C_{\text{пуск}}$, т.е. включает в себя как рабочий $C_{\text{раб}}$, так и пусковой $C_{\text{пуск}}$ конденсатор.

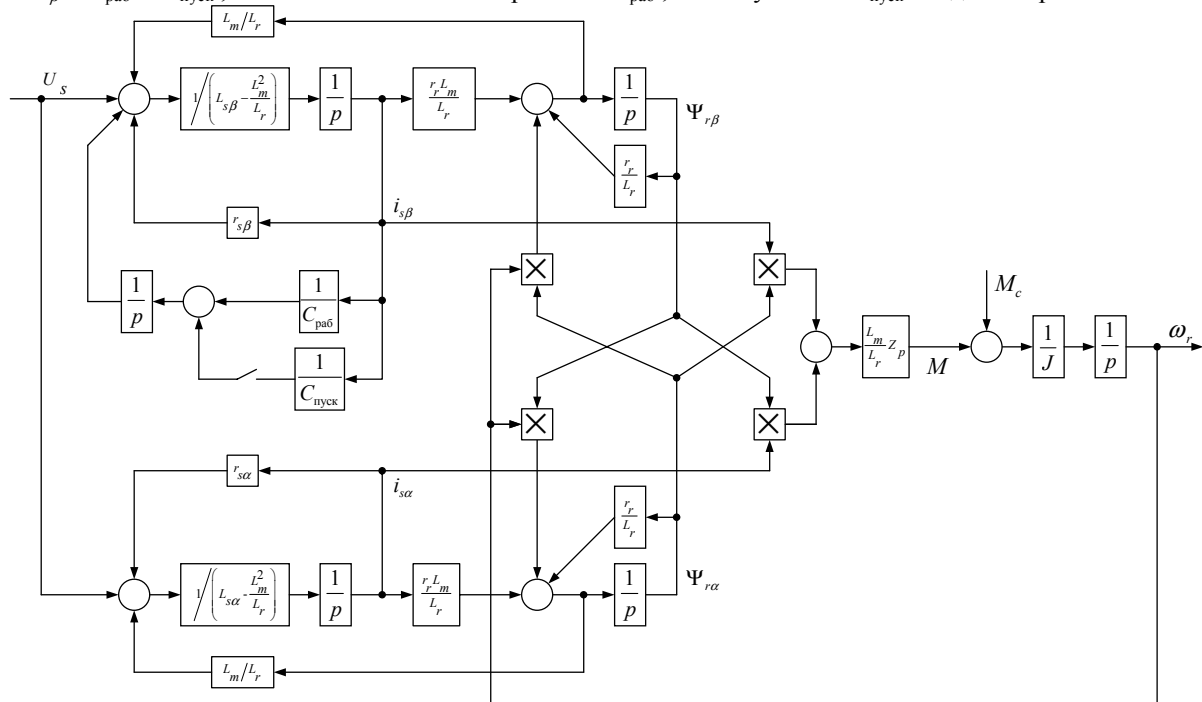


Рисунок 1 – Структурная схема АОКД

Известно [2], что емкость конденсатора выбирается из условия получения кругового вращающегося магнитного поля. Емкость $C_{\text{раб}}$ определяет условие получения кругового поля в номинальном режиме работы двигателя, а емкость $C_{\text{пуск}}$ – при пуске. При этом обычно $C_{\text{пуск}} = (2\div 3)C_{\text{раб}}$. Величина емкости $C_{\text{раб}}$ определяется в соответствии с параметрами двигателя. Для электродвигателя АИР 1Е 90 L2 $C_{\text{раб}} = 64$ мкФ.

Величина пускового момента двигателя с рабочим конденсатором обычно не превышает значения $0,5M_n$. Поэтому пуск таких двигателей должен происходить только на холостом ходу с последующим набросом нагрузки после разгона, либо нагрузка может иметь вид вентиляторной характеристики. При моделировании двигателя с рабочим конденсатором применялась вентиляторная нагрузочная характеристика. Графики переходных процессов пуска двигателя приведены на рис. 2. На рис. 2 а) начальная фаза питающего напряжения равна 0, а на рис. 2 б) - 90° . Во втором случае разгон двигателя происходит более плавно.

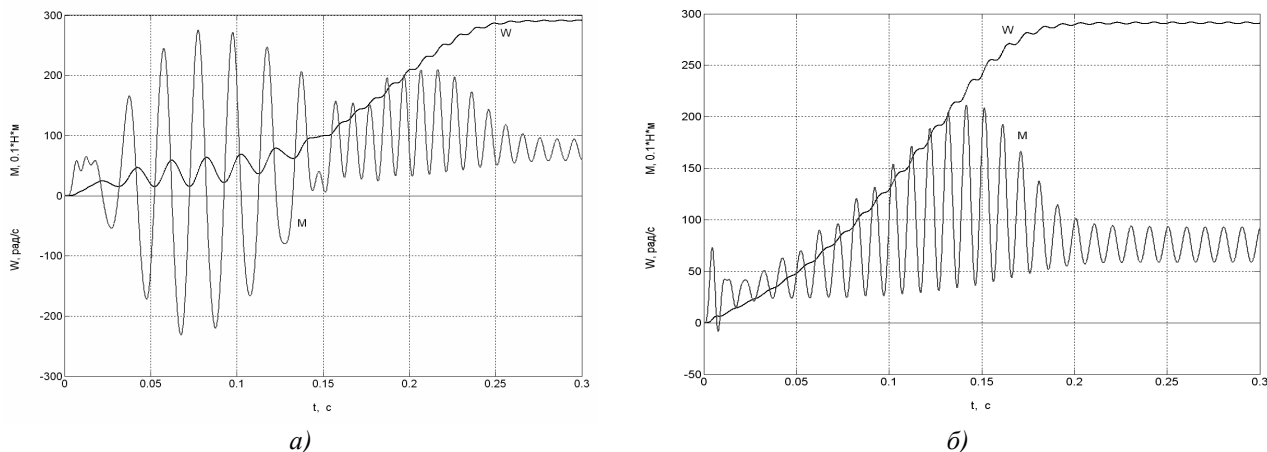


Рисунок 2 – Переходной процесс пуска двигателя с рабочим конденсатором

Структурная схема двигателя после некоторых преобразований может быть использована для построения механических характеристик двигателя (рис. 3). На рис 3 а) приведены механические характеристики для различных значений емкости рабочего конденсатора. Анализ графиков показывает, что пуск двигателя с номинальной нагрузкой возможен только при емкости рабочего конденсатора равной 192 мкФ. На рис. 3 б) приведены механические характеристики двигателя с рабочим конденсатором емкостью 64 мкФ при различных значениях напряжения питающей сети.

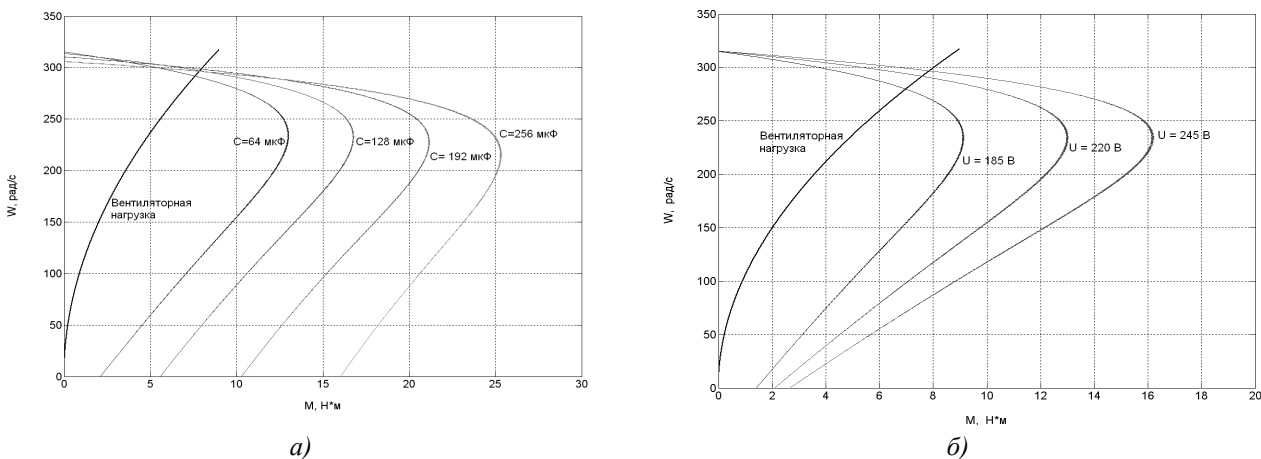


Рисунок 3 – Механические характеристики двигателя с рабочим конденсатором

Когда по технологическим требованиям необходим пуск двигателя под номинальной нагрузкой, применяют схему с пусковым и рабочим конденсатором. Пусковой конденсатор емкостью $C_{\text{пуск}} = 192$ мкФ подключают только на время разгона и при достижении скорости близкой $0,75\omega_n$ его отключают. Графики переходных процессов пуска приведены на рис. 4, а механические характеристики – на рис. 5.

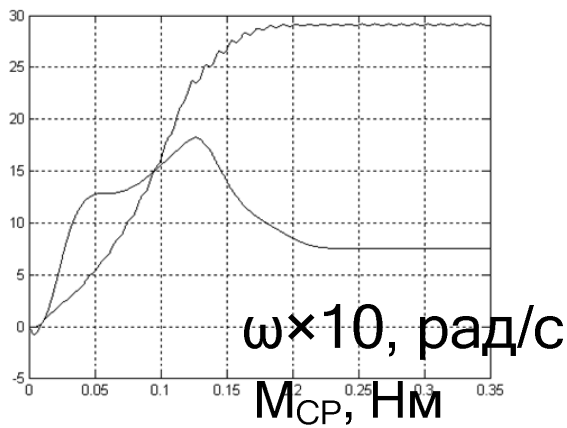


Рисунок 4 – Переходные процессы в двигателе с пусковым и рабочим конденсатором

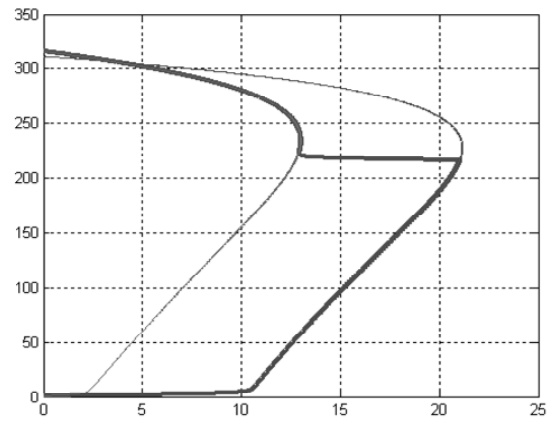


Рисунок 5 – Механические характеристики двигателя с пусковым и рабочим конденсатором

Момент асинхронного конденсаторного двигателя содержит как постоянную, так и периодическую составляющую. Влияние периодической составляющей существенно зависит от режима работы двигателя. Для двигателя с рабочим конденсатором момент имеет постоянную составляющую, определяемую круговым вращающимся магнитным полем только при номинальной нагрузке (рис. 6). Для двигателя с пусковым и рабочим конденсатором момент имеет постоянную составляющую, как при номинальной нагрузке, так и при пуске (рис. 7).

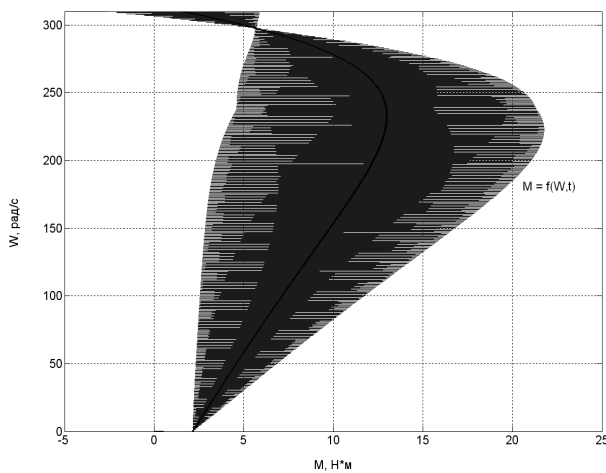


Рисунок 6 – Механическая характеристика двигателя с рабочим конденсатором для мгновенных значений момента

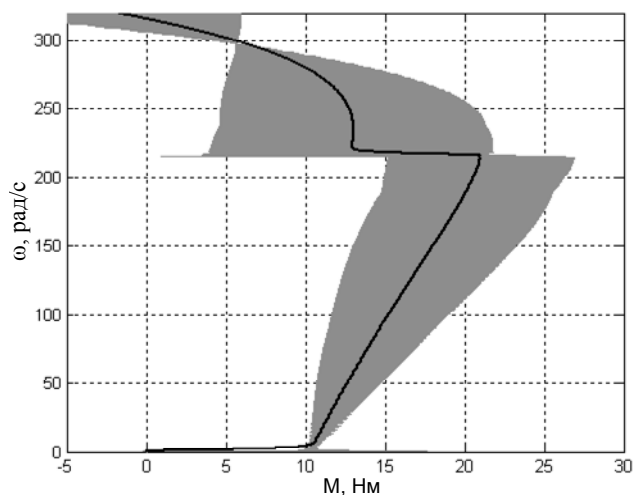


Рисунок 7 – Механическая характеристика двигателя с пусковым и рабочим конденсатором для мгновенных значений момента

Анализ приведенных графиков показывает, что разработанная математическая модель и структурная схема позволяют исследовать асинхронный однофазный конденсаторный двигатель в различных режимах работы, при изменении параметров питающей сети и емкости пускового и рабочего конденсатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко Н.В., Астапов А.А. Математическая модель однофазного конденсаторного асинхронного электродвигателя // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Зб. наук. праць. Тематичний вип.: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – №44. – С.9-13.
2. Лир Э.В., Петко И.В. Электробытовые машины и приборы: Справочник.–2-е изд. перераб. и доп.– К.: Техника, 1990.–270 с.