

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Введение. В настоящее время все еще достаточно широко распространены морально устаревшие релейно-контакторные системы управления (СУ) асинхронными двигателями с фазным ротором (АДФР). Возрастающие требования к качеству и быстродействию технологических процессов выдвигают задачу модернизации таких электроприводов. При этом чаще всего предлагается замена АДФР с релейно-контакторной СУ асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором (АДКР) и полеориентированной системой векторного управления. Такой подход всегда дает ожидаемый результат, но не всегда экономически оправдан вследствие достаточно высокой стоимости электрических машин.

Постановка задач исследования. Целью исследования является сравнительный анализ двух возможных путей модернизации указанных выше электроприводов.

Материалы исследования. Альтернативным вариантом модернизации можно считать включение АДФР по схеме машины двойного питания с векторным полеориентированным управлением по цепи ротора.

Нетрудно заметить, что с учетом общепринятых допущения [1] дифференциальные уравнения динамики АДФР

$$\begin{aligned}
 p\Psi_{su} &= u_{su} - \frac{R_s}{L_s} \Psi_{su} + K_s R_s i_{ru}; \\
 pi_{ru} &= \frac{1}{L_r - L_m K_s} u_{ru} - \omega_r i_{sv} + \frac{K_s R_s}{\Psi_{su}} i_{rv}^2 - \frac{R_s K_s^2 + R_r}{L_r - L_m K_s} i_{ru} + \frac{R_s K_s}{L_s (L_r - L_m K_s)} \Psi_{su} + \frac{u_{su}}{\Psi_{su}} i_{rv} - \frac{K_s}{L_r - L_m K_s} u_{su}; \\
 pi_{rv} &= \frac{1}{L_r - L_m K_s} u_{rv} + \omega_r i_{ru} - \frac{K_s R_s}{\Psi_{su}} i_{rv} i_{ru} + \frac{K_s \omega_r}{L_r - L_m K_s} \Psi_{su} - \frac{R_s K_s^2 + R_r}{L_r - L_m K_s} i_{rv} - \frac{u_{sv}}{\Psi_{su}} i_{su} - \frac{K_s}{L_r - L_m K_s} u_{sv}; \\
 p\omega_r &= \frac{3}{2J} N_p K_s \Psi_{su} i_{rv} - \frac{M_{cr}}{J}
 \end{aligned} \tag{1}$$

не существенно отличаются от аналогичной системы уравнений динамики АДКР

$$\begin{aligned}
 p\Psi_{ru} &= -\frac{R_r}{L_r} \Psi_{ru} + R_r K_r i_{su}; \\
 pi_{su} &= \frac{1}{L_s - K_r L_m} u_{su} + \omega_r i_{sv} + \frac{R_r K_r}{\Psi_{ru}} i_{sv}^2 - \frac{K_r^2 R_r + R_s}{L_s - K_r L_m} i_{su} + \frac{R_r K_r}{L_r (L_s - K_r L_m)} \Psi_{ru}; \\
 pi_{sv} &= \frac{1}{L_s - K_r L_m} u_{sv} - \omega_r i_{su} - \frac{R_r K_r}{\Psi_{ru}} i_{su} i_{sv} - \frac{K_r^2 R_r + R_s}{L_s - K_r L_m} i_{sv} - \frac{K_r \omega_r}{L_s - K_r L_m} \Psi_{ru}; \\
 p\omega_r &= \frac{3}{2J} N_p K_r \Psi_{ru} i_{sv} - \frac{M_{cr}}{J}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

В уравнениях (1) и (2) $\Psi_s, \Psi_r, u_s, u_r, i_s, i_r$ - векторы потокосцеплений, напряжений, токов статора и ротора, ω_k, ω_r - скорости вращения опорной системы координат и ротора, R_s, R_r - активные сопротивления фаз статора и ротора, N_p - числа пар полюсов, L_s, L_r - индуктивности обмоток фаз статора и ротора, $K_s = L_m/L_s, K_r = L_m/L_r$, M_{cr} - момент статического сопротивления.

В таблице 1 приведены наиболее просто реализуемые в пространстве основной и вспомогательной координат алгоритмы оптимального релейно-векторного управления АДКР и АДФР, найденные в результате решения задачи аналитического конструирования релейных регуляторов с использованием модифицированного принципа симметрии [2].

В качестве опорного вектора для системы управления АДКР выбран вектор потокосцепления ротора, а для системы управления АДФР - вектор потокосцепления статора. Различие в выборе опорных векторов объясняется тем, что при включении АДФР по схеме машины двойного питания управляемый автономный инвертор целесообразно включать в цепь ротора, поскольку в большинстве случаев невозможно подключить роторную цепь к сети питающего напряжения минуя различного рода устройства согласования его уровня с

ЭДС ротора. Кроме того, при включении роторной цепи через преобразователь решается вопрос возврата энергии скольжения в питающую сеть.

Таблица. 1. Алгоритмы оптимального управления

| Регуляторы | Алгоритмы управления АДКР | Алгоритмы управления АДФР |
|------------------------------|---|---|
| Потокосцепления | $U_1 = \text{sign}(\psi_{ru}^* - \beta_{11}\psi_{ru} - \beta_{12}i_{su})$ | $U_1 = \text{sign}(\psi_{su}^* - \lambda_{11}\psi_{su} - \lambda_{12}i_{ru})$ |
| Реактивной составляющей тока | $U_2 = \text{sign}(i_{su}^* - i_{su})$ | $U_2 = \text{sign}(i_{ru}^* - i_{ru})$ |
| Скорости | $U_3 = \text{sign}(\omega_r^* - \omega_r - \beta_{34}i_{su})$ | $U_3 = \text{sign}(\omega_r^* - \omega_r - \lambda_{34}i_{ru})$ |
| Активной составляющей тока | $U_4 = \text{sign}(i_{sv}^* - i_{sv})$ | $U_4 = \text{sign}(i_{rv}^* - i_{rv})$ |

Коэффициенты в алгоритмах управления определяются соотношениями:

$$\lambda_{11} = 1 - \frac{R_s(L_r - K_s L_m)}{K_s^2 R_s + R_r + R_s(L_r - K_s L_m)}; \lambda_{12} = \frac{R_s K_s L_s (L_r - K_s L_m)}{K_s^2 R_s + R_r + R_s(L_r - K_s L_m)}; \lambda_{34} = \frac{3N_p K_s \psi_{su} (L_r - K_s L_m)}{2J(K_s^2 R_s + R_r)};$$

$$\beta_{11} = 1 - \frac{R_r(L_s - K_r L_m)}{K_r^2 R_r + R_s + R_r(L_s - K_r L_m)}; \beta_{12} = \frac{R_r K_r L_r (L_s - K_r L_m)}{K_r^2 R_r + R_s + R_r(L_s - K_r L_m)}; \beta_{34} = \frac{3N_p K_r \psi_{ru} (L_s - K_r L_m)}{2J(R_s + R_r K_r^2)},$$

а переменные (*) являются заданными значение соответствующих переменных.

Структурные схемы систем управления АДФР и АДКР показаны на рис. 1 и рис. 2 соответственно.

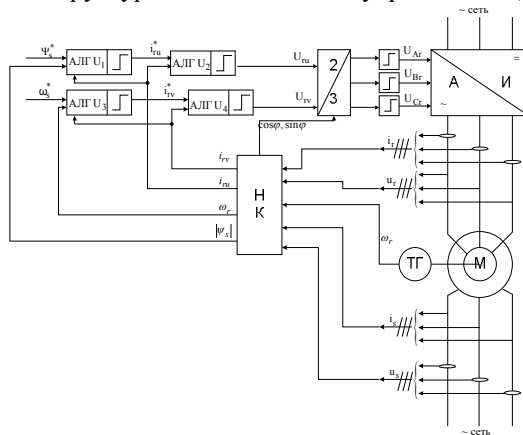


Рис.1. Система управления АДФР

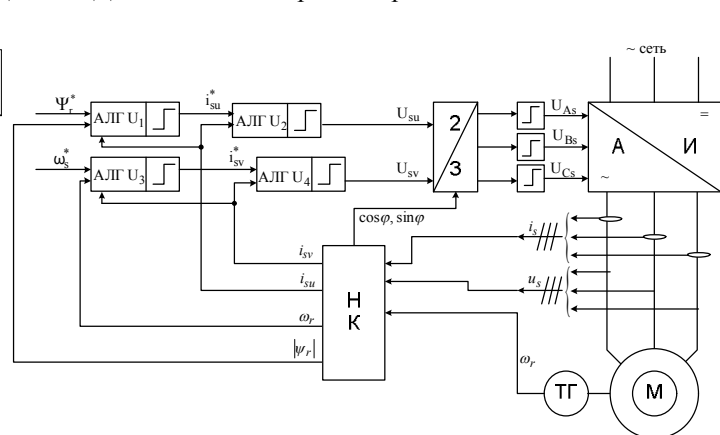


Рис. 2. Система управления АДКР.

На рис.1. и рис. 2. приняты следующие обозначения: НК- наблюдатель координат, AI – автономный инвертор, АЛГ $U_{1...4}$ – алгоритмы регуляторов системы управления, 2/3 - преобразователь координат, ТГ – тахогенератор.

Выводы. Анализ алгоритмов управления и функциональных схем, приведенных на рис.1 и 2, позволяет утверждать, что модернизацию электроприводов с АДФР и релейно-контакторными системами управления целесообразно выполнять путем включения существующих АДФР по схеме машины двойного питания. Такая модернизация целесообразна с экономической точки зрения, поскольку позволяет исключить необходимость приобретения новой электрической машины, а стоимости остального оборудования практически равны. Кроме того включение АДФР по схеме машины двойного питания позволяет управлять показателями качества потребляемой энергии и получить дополнительный экономический эффект.

Литература.

1. О.В. Слежановский и др. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями. – М., Энергоатомиздат, 1983г.-256с.
2. Садовой А.В., Сухинин Б.В., Сохина Ю.В. Системы оптимального управления прецизионными электроприводами. – Киев, ИСИМО, 1996г.-298с.