



СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Шодиев Окилжон Абурашитович

ст. преподаватель Алмалыкского филиала ГГТУ

Shodiyevokiljon2@gmail.com

При реализации в системе релейных токовых контуров асинхронный короткозамкнутый двигатель (АКЗ) управляется от источника тока, переменными режима в этом случае становятся токи статора и уравнения принимают вид [1]:

$$\begin{cases} k_R r i_{sx} = \frac{1}{T_R} \psi_{rx} + p \psi_{rx} - (\omega_k - p_n \omega_1) \psi_{ry}, \\ k_R r i_{sy} = \frac{1}{T_R} \psi_{ry} + p \psi_{ry} + (\omega_k - p_n \omega_1) \psi_{rx}, \\ M = 1.5 p_n k_R (\psi_{rx} i_{sy} - \psi_{ry} i_{sx}), \\ T_n p \omega = M - M_c. \end{cases} \quad (1)$$

Если в качестве базового вектора принять вектор тока статора i_s и совместить его с осью x системы координат, то система уравнений (1) переписывается в виде:

$$\begin{cases} k_R r i_{sx} = \frac{1}{T_R} \psi_{rx} + p \psi_{rx} - (\omega_k - p_n \omega_1) \psi_{ry}, \\ 0 = \frac{1}{T_R} \psi_{ry} + p \psi_{ry} + (\omega_k - p_n \omega_1) \psi_{rx}, \\ M = 1.5 p_n k_R (\psi_{rx} i_{sy} - \psi_{ry} i_{sx}), \\ T_n p \omega = M - M_c. \end{cases} \quad (2)$$



Структура двигателя, построенная по уравнениям (2) представлена на рис.1. В этой структуре ток статора и частота, являясь переменными режима, могут изменяться независимо друг от друга.

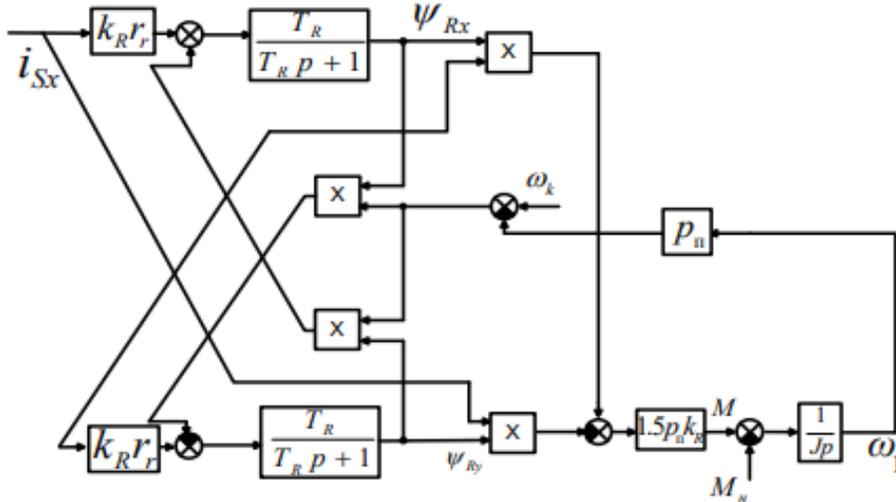


Рис.1. Структура АКЗ при питании от источника тока с базовым вектором тока статора

Если за базовый вектор принять вектор потокоцепления ротора и совместить вектор ψ_R с осью x вращающейся системы координат, то в уравнениях следует принять $\psi_{Ry}=0$.

Тогда при питании статорных обмоток от источника напряжения получим:

$$\begin{cases} u_{sx} = r(1 + T'_S p)i_{sx} - \omega_k L'_S i_{sy} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{rx}, \\ u_{sy} = r(1 + T'_S p)i_{sy} + \omega_k L'_S i_{sx} + k_R p_n \omega_1 \psi_{rx}, \\ 0 = -k_R r_r i_{sx} + \frac{1}{T_R} \psi_{rx} + p \psi_{rx}, \\ 0 = -k_R r_r i_{sy} + (\omega_k - p_n \omega_1) \psi_{rx}, \\ M = 1.5 p_n k_R \psi_{rx} i_{sy}, \\ T_m p \omega = M - M_C. \end{cases} \quad (3)$$



Существенной особенностью этой математической модели является то обстоятельство, что угловая скорость вращения системы координат зависит от значений переменных состояния машины и определяется из четвертого уравнения системы (3)

$$\omega_k = \frac{k_R r_r i_{sy}}{\psi_{Rx}} + p_n \omega_1 \quad (4)$$

Структурная схема АКЗ во вращающейся системе координат при питании от источника напряжения с базовым вектором потокосцепления ротора представлена на рис.2.

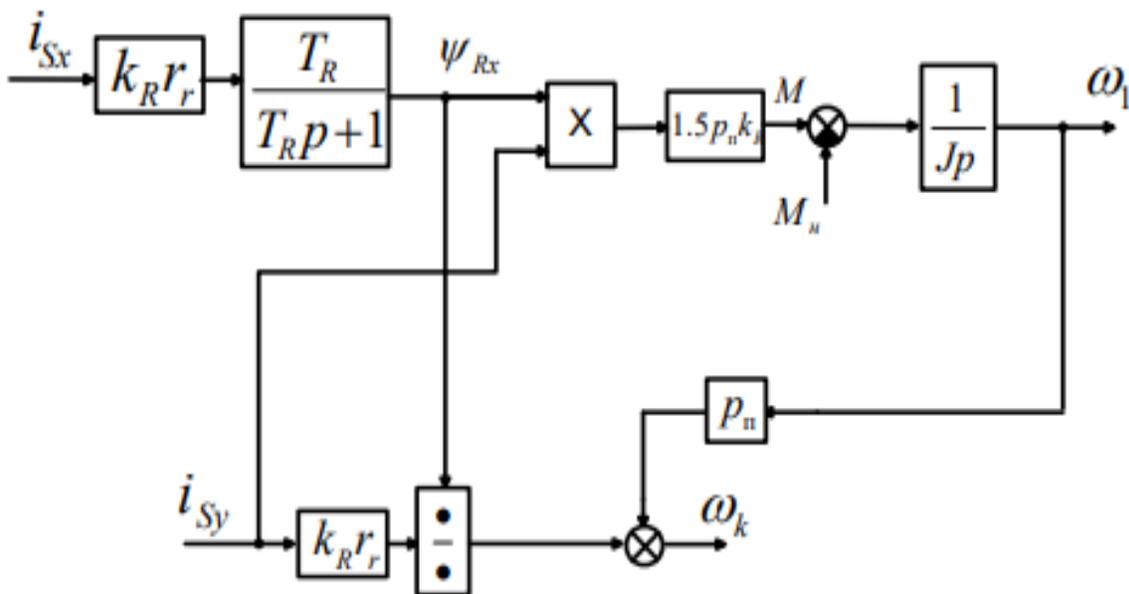


Рис. 2. Структурная схема АКЗ при питании от источника напряжения с базовым вектором потокосцепления ротора



При питании статорных обмоток от источников тока уравнения преобразуются к виду:

$$\begin{cases} k_R r_r i_{sx} = \frac{1}{T_R} \psi_{rx} + p \psi_{rx}, \\ k_R r_r i_{sy} = (\omega_k - p_n \omega_1) \psi_{rx}, \\ M = 1.5 p_n k_R \psi_{rx} i_{sy}, \\ T_m p \omega = M - M_c. \end{cases} \quad (5)$$

Структура АКЗ во вращающейся системе координат, совмещенной с потокоцеплением ротора и управлением от источников тока, показана на рис.3.

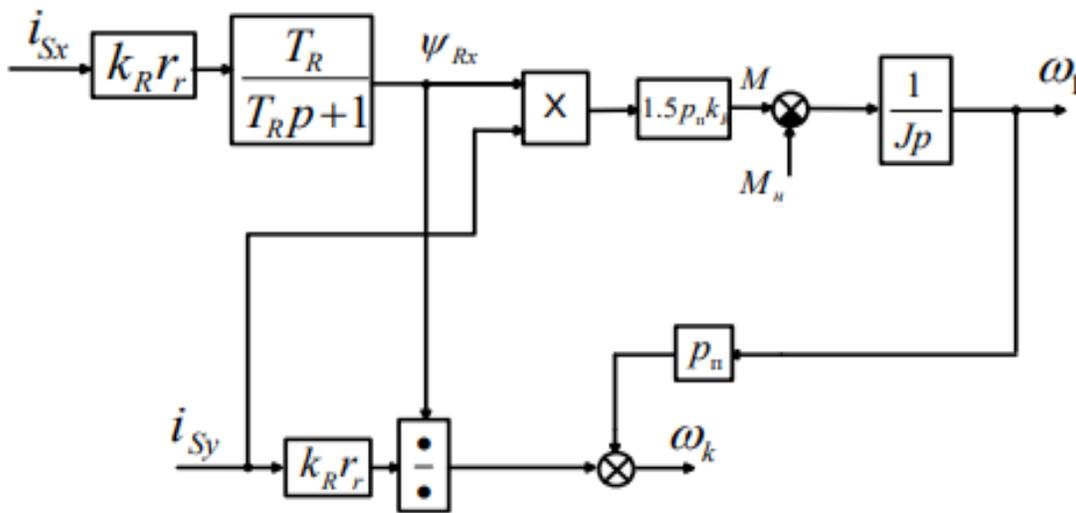


Рис.3. Структурная схема АКЗ во вращающейся системе координат при питании от источника тока с базовым вектором потокоцепления ротора

Можно заметить, что при постоянном сигнале i_{sx} электромагнитный момент машины определится только составляющей тока статора i_{sy} . В этом случае структура АКЗ повторяет структуру двигателя постоянного тока при управлении по цепи якоря. Математическое описание АКЗ во вращающейся системе координат, совмещенной с потокоцеплением ротора как при питании АКЗ от источника напряжения, так и при питании АКЗ от источника тока,



является основой для синтеза асинхронных систем с векторным управлением [2]. Следовательно, если при управлении асинхронным двигателем оперировать в цепях управления не с реальными переменными машины, а с преобразовательными к координатным осям, ориентированным по полю, можно управлять магнитным потоком и моментом двигателя, имея дело не с переменными синусоидальными величинами, а с постоянными их преобразованными значениями. Это позволяет строить систему управления асинхронным двигателем аналогично системе управления двигателем постоянного тока. Основой построения таких систем является информация о мгновенном значении и пространственном положении вектора потокосцепления в воздушном зазоре, непосредственное изменение которого обычно производят с помощью датчиков Холла.

Из уравнений (1), (2) получаем математическое описание двухмассовой электромеханической системы с электроприводом ПЧ - АД при питании от источника тока в виде системы дифференциальных уравнений. Основными регулируемыми величинами являются потокосцепление ротора ψ_r и частота вращения вала двигателя ω . Для применения метода подчиненного регулирования необходимо выполнить развязку каналов управления. В системе «Трансвектор» реализуется прямая компенсация перекрестных обратных связей в (5) [5, 7]:

$$\omega_k L'_s i_{sy}; \omega_k L'_s i_{sx}; \frac{k_R}{T_R} \psi_{rx}$$

Пренебрегаем обратной связью по ЭДС двигателя, которая равна:

$$\frac{k_R}{L'_s} p_n \omega \psi_{rx}$$

Учитывая динамические свойства преобразователя частоты, проекции напряжения статора по осям «х» и «у» на выходе преобразователя обозначим



соответственно " u_1 " и " u_2 ". Математическую модель контура регулирования потокосцепления ротора представим в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{d\psi_{rx}}{dt} = -\frac{1}{T_r}\psi_{rx} + r_r k_R i_{sx}; \\ \frac{di_{sx}}{dt} = -\frac{1}{T_s}i_{sx} + \frac{1}{L'_s}u_1; \\ \frac{du_1}{dt} = -\frac{1}{T_{np}}(k_{np}u_{sx} - u_1), \end{cases} \quad (6)$$

Математическое описание контура регулирования частоты вращения для одномассовой электромеханической системы примет вид:

$$\begin{cases} \frac{du_2}{dt} = -\frac{1}{T_n}(k_{np}u_{sy} - u_2); \\ \frac{di_{sy}}{dt} = -\frac{1}{T_s}i_{sy} + \frac{1}{L'_s}u_2; \\ \frac{d\omega_\Sigma}{dt} = \frac{m}{2J_\Sigma}p_n k_R \psi_{rx} i_{sy}, \end{cases} \quad (7)$$

Структура регулирования частот вращения двухмассовой электромеханической системы может быть представлена следующими уравнениями:

$$\begin{cases} \frac{du_2}{dt} = -\frac{1}{T_n}(k_{np}u_{sy} - u_2); \\ \frac{di_{sy}}{dt} = -\frac{1}{T_s}i_{sy} + \frac{1}{L'_s}u_2; \\ \frac{d\omega_1}{dt} = \frac{m}{2J_{1\Sigma}}p_n k_R \psi_{rx} i_{sy} - \frac{1}{J_{1\Sigma}}M_y; \\ \frac{dM_y}{dt} = c_{12}(\omega_1 - \omega_2) + \beta_{нт}(\dot{\omega}_1 - \dot{\omega}_2); \\ \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{1}{J_2}M_y, \end{cases} \quad (8)$$



Первое уравнение системы (7) получается из первого уравнения системы (6). Второе уравнение системы (7) получается из первого уравнения системы (4) с учётом реализации прямой компенсации перекрёстных обратных связей в системе «Трансвектор» и пренебрежение обратной связи по ЭДС двигателя. Третье уравнение системы (7) учитывает динамические свойства ПЧ. Первое уравнение системы (8) учитывает динамические свойства ПЧ. Второе уравнение системы (8) получается из второго уравнения системы (4) с учётом реализации прямой компенсации перекрёстных обратных связей в системе «Трансвектор» и пренебрежение обратной связи по ЭДС двигателя. Третье уравнение системы (8) получается из третьего уравнения системы (4) и предыдущих уравнений. Первое уравнение системы (9) учитывает динамические свойства ПЧ. Второе уравнение системы (3.11) получается из второго уравнения системы (1) с учётом реализации прямой компенсации перекрёстных обратных связей в системе «Трансвектор» и пренебрежение обратной связи по ЭДС двигателя. Третье, четвёртое и пятое уравнение системы (9) получается из третьего уравнения системы (9) и предыдущих уравнений. Далее строятся стандартные схемы подчиненного регулирования по каждому из каналов. Для расчета регуляторов используется линеаризованная структура системы управления автоматизированного электрического привода.

Если пренебречь упругими связями в передачах, то получаем структурную схему одномассовой электромеханической системы (рис. 4)

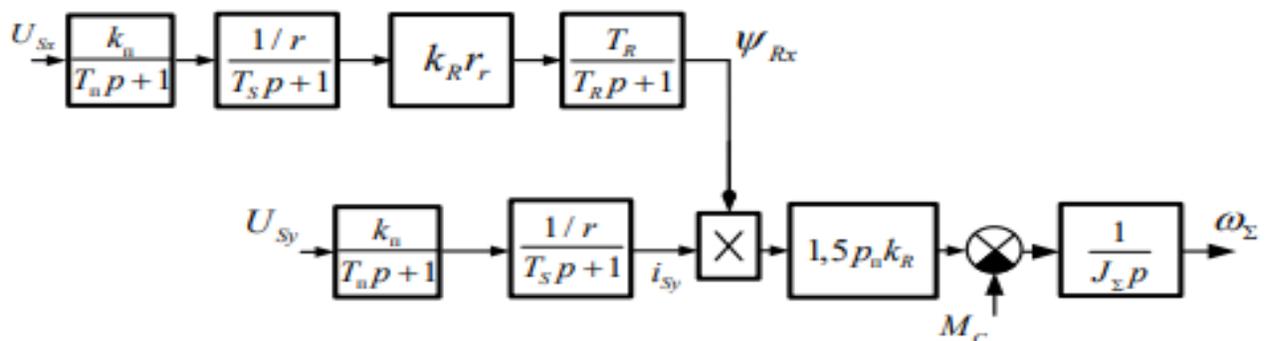




Рис. 4. Структурная схема одномассовой электромеханической системы

Структурная схема двухмассовой электромеханической системы электропривода переменного тока представлена на рис.5.

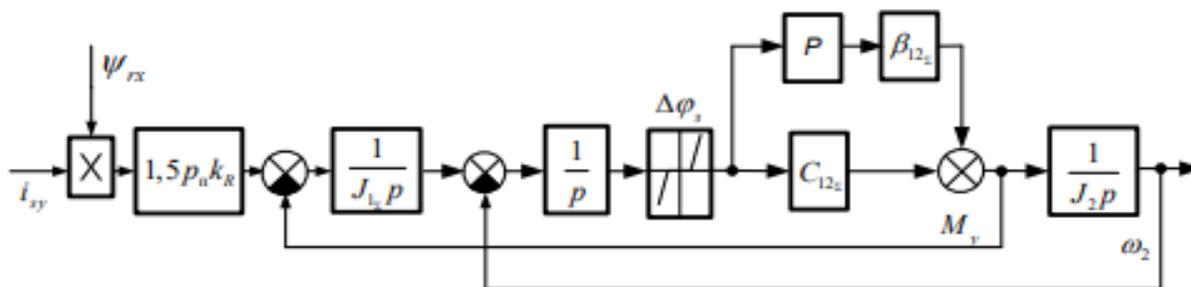


Рис. 5. Структурная схема двухмассовой электромеханической системы

Таким образом, в зависимости от целей исследования и степени упрощения механизм поворота экскаватора может быть представлен различными структурными схемами, которые соответствуют математическим моделям одно- или двухмассовой систем.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Yo'lchi Yusupovich Shoyimov, Komila Norqobil qizi Qudratova, & Oqiljon Abdurashit o'g'li Shodiyev. (2023). KONVEYER QURILMASIDAGI TEZLIKNI ROSTLOVCHI RELE. *Journal of New Century Innovations*, 41(2), 45–51. Retrieved from <https://newjournal.org/index.php/new/article/view/9650>
2. .Oqiljon Abdurashit O'G'Li Shodiyev, Erali Nurali O'G'Li Abdukarimov, Iroda Abdulhakim Qizi Usmanaliyeva KARIYER EKSKAVATORI ELEKTR YURITGICHI TIZIMLARINI MODERNIZATSIYA QILISHNING SAMARADORLILIGI // Academic research in educational sciences. 2021. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kariyer-ekskavatori-elektr-yuritgichi-tizimlarini-modernizatsiya-qilishning-samaradorliligi>.
3. Jasur Tashpulatovich Uralov, Oqiljon Abdurashit o'g'li Shodiyev, & Komila Norqobil qizi Qudratova. (2024). O'ZGARMAS TOK MOTORLARINING TEZLIK ROSTLASH USULLARI TAHLILI. *Journal of New Century Innovations*, 43(2), 39–41. Retrieved from <https://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/10478>
4. Shodiyev, O. A., Yuldashev, E. U., Yuldasheva, M. A., & Jalolov, I. S. (2022). KONVEYER TRANSPORTINI ELEKTR YURITMASINI



- TESKARI ALOQALI DATCHIKLARI VOSITASIDA BOSHQARISH.
Academic Research in Educational Sciences, 3(10), 660–664. <https://doi.org/>
5. Oqiljon Abdurashit o'g'li Shodiyev, Mohinur Abduhakim qizi Yuldasheva, Shoxrux Baxriddin o'g'li Xudayberdiyev, & Komila Norqobil qizi Qudratova. (2024). O'ZGARUVCHAN TOK DVIGATELLARINING TEZLIK ROSTLASH USULLARINING TAHLILI . *Journal of New Century Innovations*, 43(2), 35–38. Retrieved from <https://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/10477>
 6. Oqiljon Abdurashit O'G'Li Shodiyev, Elmurod Umaraliyevich Yuldashev, Jasurbek Tashpulatovich Uralov, Abbas Bahodir Ogli Nomonov KONVEYER TRANSPORTINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI VA TEXNIK YECHIMLARINI ISHLAB CHIQISH // Academic research in educational sciences. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konveyer-transportining-energiya-samaradorligini-oshirish-usullari-va-texnik-yechimlarini-ishlab-chiqish>.
 7. Shodiyev Oqiljon Abdurashit o'gli, FILTR KOMPENSATSIYALOVCHI QURILMA (ФКУ) // YANGI O'ZBEKISTON, YANGI TADQIQOTLAR JURNALI Vol. 1 No. 3 (2024) <https://phoenixpublication.net/index.php/TTVAL/article/view/59>
 8. qizi Qudratova K. N. et al. ZAMONAVIY SHAMOL GENERATORLARIDAN FOYDALANISHNING SAMARADORLIGI //Journal of new century innovations. – 2023. – T. 25. – №. 1. – С. 16-19.