

УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАНИЗМОВ ПОВОРОТА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Введение. Механизмы поворота кранов характеризуются большим моментом инерции, т. е. для них большую часть цикла составляют переходные режимы. Таким образом, для повышения их производительности необходимо уменьшать время переходных процессов. Однако быстроедействие таких механизмов зависит от эффективности решения проблемы раскачивания грузов, подвешенных на гибкой нити [1]. Расчетная схема механизма поворота приведена в [2]. Угол отклонения нити с грузом от вертикали α разложен на две составляющие – проекции этого угла α_x на тангенциальную плоскость, перпендикулярную стреле, и нормальную, проходящую через ось вращения, α_n .

Постановка задачи. При оптимальном управлении механизмом поворота необходимо, в отличие от механизма поступательного перемещения [3], после завершения переходного процесса пуска обеспечить отсутствие тангенциальной составляющей угла отклонения нити с грузом от вертикали при постоянной нормальной составляющей того же угла, а после завершения торможения (во время остановки) – обеспечить отсутствие обеих составляющих. Для успокоения тангенциальной составляющей воспользуемся (с некоторыми допущениями) законом изменения динамического момента, полученного для поступательного движения тележка – груз с использованием принципа максимума [3]. Тогда был получен релейный закон изменения момента на трех этапах, характер которого приведен на рис. 1. Для определения длительности этапов оптимального переходного процесса необходимо сначала найти время разгона до данной скорости $\omega_{зад}$ (или торможения с той же скоростью) жестко связанных поворотной платформой и груза при постоянстве действующего момента $M_n = const$ по формуле

$$T_p = \frac{\omega_{зад} \cdot (J_1 + J_2)}{M_n}$$

где J_1, J_2 – моменты инерции соответственно поворотной части и груза.

Длительность всех трех этапов можно определить по формулам, $t_1 = t_1, t = t_1 + t_2 + t_3 = T_p + 2t_2$, а также решив уравнение $\sin \Omega \left(t_2 + \frac{T_p}{2} \right) = 2 \sin \frac{\Omega t_2}{2}$ [3]. Пока механическая часть рассматривается как двухмассовая с J_1, J_2 .

Материал исследования. Для учёта влияния скачкообразного изменения усилия (рис.1) на нагрузки в звеньях кинематической передачи целесообразно проанализировать трёхмассовую электромеханическую систему (ЭМС), в которой упругая связь между двигателем и механизмом поворота – валы механической передачи – обладает конечным значением жёсткости C_y . Расчетная схема такой ЭМС после приведения к валу двигателя, но без учёта зазоров в передачах приведена на рис. 2.

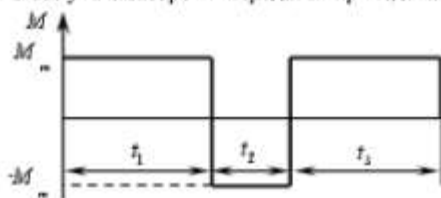


Рис.1. Диаграмма изменения усилия

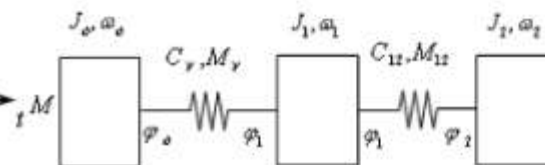


Рис.2. Расчетная схема трёхмассовой ЭМС

Здесь ротор двигателя с моментом инерции J_0 , механизм поворота с моментом инерции J_1 и подвешенный груз массой m_2 , приведенной к вращательному движению (J_2), ω_0, ω_1 и ω_2 – угловые скорости вращения соответственно двигателя, первой и второй масс; $C_{12} = \frac{m_2 g}{l}$ – эквивалентная жёсткость, вызванная раскачиванием груза, l – длина нити; M – момент двигателя, $M_y = C_y(j_0 - j_1)$ – момент упругой деформации между двигателем и механизмом поворота.

При моделировании переходных процессов в трёхмассовой ЭМС (без учета электромагнитных переходных процессов), если задающее воздействие изменяется скачком на каждом этапе (рис. 1), были получены графики, приведенные на рис. 3, и рассчитаны значения коэффициента динамичности [1] на первом, втором и третьем этапах при разгоне соответственно: $K_{d1} = 2,30$; $K_{d2} = 2,19$; $K_{d3} = 4,36$. Следовательно, при скачкообразном изменении момента двигателя нагрузки в кинематической цепи могут принимать недопустимые для нее значения.

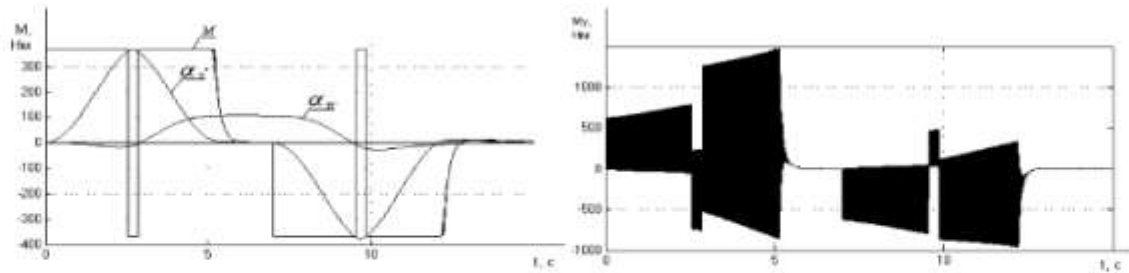


Рис.3. Переходный процесс при мгновенно изменяющемся моменте

Было показано, что наиболее благоприятным для осуществления переключения являются те моменты времени, когда момент упругой связи принимает минимальные значения, тогда существенно снижаются и нагрузки: $K_{\delta 1} = 2,30$; $K_{\delta 2} = 1,39$; $K_{\delta 3} = 2,79$.

Оптимальное управление электроприводом механизма вращения, в которой используется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и преобразователь частоты с векторным управлением, позволяет реализовать поставленную задачу и изменять момент двигателя по определенному закону. При этом благодаря наличию небольшой электромагнитной постоянной времени момент двигателя не может мгновенно принять максимальное значение, поэтому коэффициент динамичности на первом этапе уменьшился до значения $K_{\delta 1} = 2,18$.

Для заметного снижения коэффициента динамичности при каждом переключении зададимся моментом двигателя, изменяющимся по экспоненте $M = M_m(1 - e^{-t/T_m})$. Векторное управление асинхронным электроприводом позволяет реализовать также экспоненциальный закон управления моментом, изменяя соответствующим образом задание скорости. Переходный процесс для этого случая при T_m , равном периоду механических колебаний двухмассовой ЭМС, приведен на рис.4.

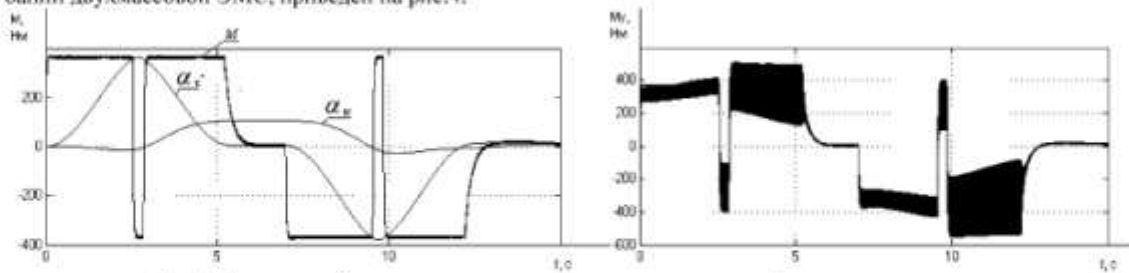


Рис.4. Переходный процесс при изменении задающего воздействия по экспоненте

Коэффициент динамичности на первом, втором и третьем этапах соответственно при пуске - $K_{\delta 1} = 2,21$; $K_{\delta 2} = 1,17$; $K_{\delta 3} = 1,46$ и при торможении - $K_{\delta 1} = 2,26$; $K_{\delta 2} = 1,17$; $K_{\delta 3} = 1,67$. При экспоненциальном изменении задающего воздействия коэффициент динамичности уменьшится ещё в большей степени, если момент переключения совпадает во времени с минимальным значением момента упругой деформации. Поскольку предлагаемый закон управления позволяет снизить коэффициент динамических нагрузок до допустимых значений, то последний, случайный фактор не оказывает существенного влияния на коэффициент динамичности. Погрешность для установившихся значений составляющих угла после окончания торможения при таком управлении носит случайный характер, однако не превышает значений, которые наблюдаются при подаче момента в соответствии с рис.1 ($\Delta\alpha_t < 5\%$, $\Delta\alpha_n < 10\%$).

Выводы. Рациональное управление асинхронным двигателем позволяет существенно уменьшить нагрузки в кинематических передачах механизма поворота, одновременно не снижая качественные показатели работы ЭМС.

Литература

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.
2. Герасимяк Р.П., Найдено Е.В. Особливості керування електроприводом механізму вильоту стріли під час обертання крана з підвищеним вантажем // Електромашинобуд. і електрообл. – 2007. – Вип.68. – С.11-15.
3. Герасимяк Р.П., Мельникова Л.В. Оптимальное управление крановым механизмом передвижения // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 1999. – №1. – С.87-94.