

ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЕМКОСТНЫМ АККУМУЛЯТОРОМ ЭНЕРГИИ

Повышение пускового момента нагруженных синхронных двигателей (СД) в условиях пониженного напряжения питающей электросети может быть достигнуто включением емкостных аккумуляторов энергии (ЕАЭ) в обмотку возбуждения (ОВ), что имеет актуальное значение для электроприводов шаровых барабанных мельниц для электрических станций и других подобных электроприводов.

Включение в ОВ аккумулятора энергии с неизменной емкостью позволяет повышать асинхронный момент СД только в некотором ограниченном диапазоне скольжения, а в других зонах скольжения может произойти значительное ухудшение пусковых свойств двигателя, вплоть до появления тормозных моментов в области полусинхронной скорости. Поэтому необходимо определить такую величину емкости аккумуляторов энергии в зависимости от параметров двигателя и скольжения, которая обеспечит получение максимально возможного электромагнитного момента на всем протяжении пуска СД. Точное аналитическое определение этой величины емкости представляет сложную задачу ввиду электрической и магнитной несимметрии СД.

Однако проведенные расчетные исследования показывают, что максимум момента двигателя достигается при полной компенсации емкостью сопротивления рассеяния контуров ротора по продольной оси полюсов.

Емкостное сопротивление в относительных единицах (о.е.) системы X_{ad} , обеспечивающую полную компенсацию индуктивного сопротивления контуров ротора по оси d может быть найдено из решения выражения:

$$X_c = \frac{A}{2} - \sqrt{\frac{A^2}{4} - B}, \text{ где } A = x_{okd}s^2 + 2x_{ot}s^2 + \frac{I_{kd}^2}{X_{okd}}; B = x_{ot}x_{okd}s^4 + x_{ot}^2s^4 + \frac{I_{kd}^2}{X_{okd}}x_{ot}s^2 + R_f^2s^2.$$

Расчетная зависимость $x_c = f(s)$ при пусковом резисторе $8R_f$ для двигателя СДСЗ мощностью 2000 кВт, 100 об/мин представлена на рис.1. Полученная зависимость $x_c=f(s)$ аппроксимирована эмпирическим выражением:

$$x_c = \frac{ab + cs^d}{b + s^d},$$

где a, b, c, d - коэффициенты аппроксимации. Для данного двигателя коэффициенты аппроксимации имеют значения: $a=0,00017905584$; $b=6,9256445$; $c=1,1974506$; $d=3,2691237$.

Для расчета пусковых режимов использована полная система дифференциальных уравнений СД в осях d, q и системе относительных единиц.

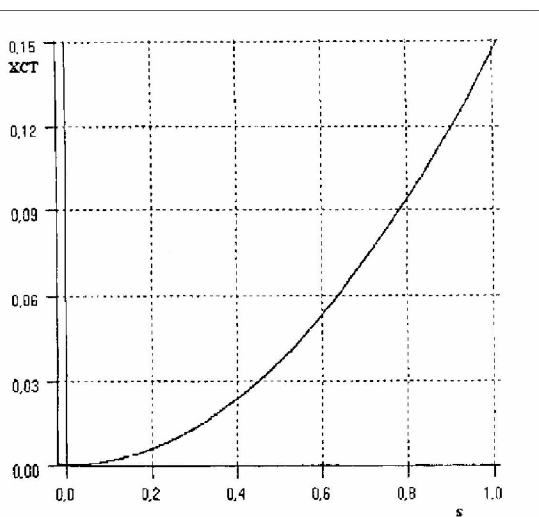


Рисунок 1. Зависимость $X_c=f(s)$ $R_n=8R_f$

Пусковые характеристики данного СД с пусковым резистором $R_n=8R_f$ представлены на рис.2. На рисунке приняты следующие обозначения: ω - скорость ротора; I_f - ток контура возбуждения; M - электромагнитный момент СД; IS - огибающая амплитуд тока статора; t - время в электрических секундах. Анализ расчетных зависимостей показывает, что величина среднего асинхронного момента не превышает 2 о.е. при амплитуде пускового момента 4 о.е. Огибающая амплитуд тока статора близка к 7-ми кратному значению. Ток ОВ лежит в пределах 2,5 о.е.

Расчетные зависимости пусковых характеристик при величине пускового резистора $8R_f$ и переменном значении емкости аккумулятора энергии в соответствии с зависимостью рис.1, приведены на рис.3. Анализ расчетных зависимостей показывает, что средний асинхронный момент практически на всем протяжении пуска превышает 3 о.е. Существенно возрастает амплитуда пускового момента до 6 о.е. и ток обмотки возбуждения до 8 о.е.

Таким образом, включение аккумуляторов энергии переменной емкости в ОВ приводит к повышению электромагнитного момента СД на всем протяжении пуска за счет компенсации инерционности контура возбуждения росту, росту тока этого контура и уменьшению фазового сдвига между ЭДС и током ротора.

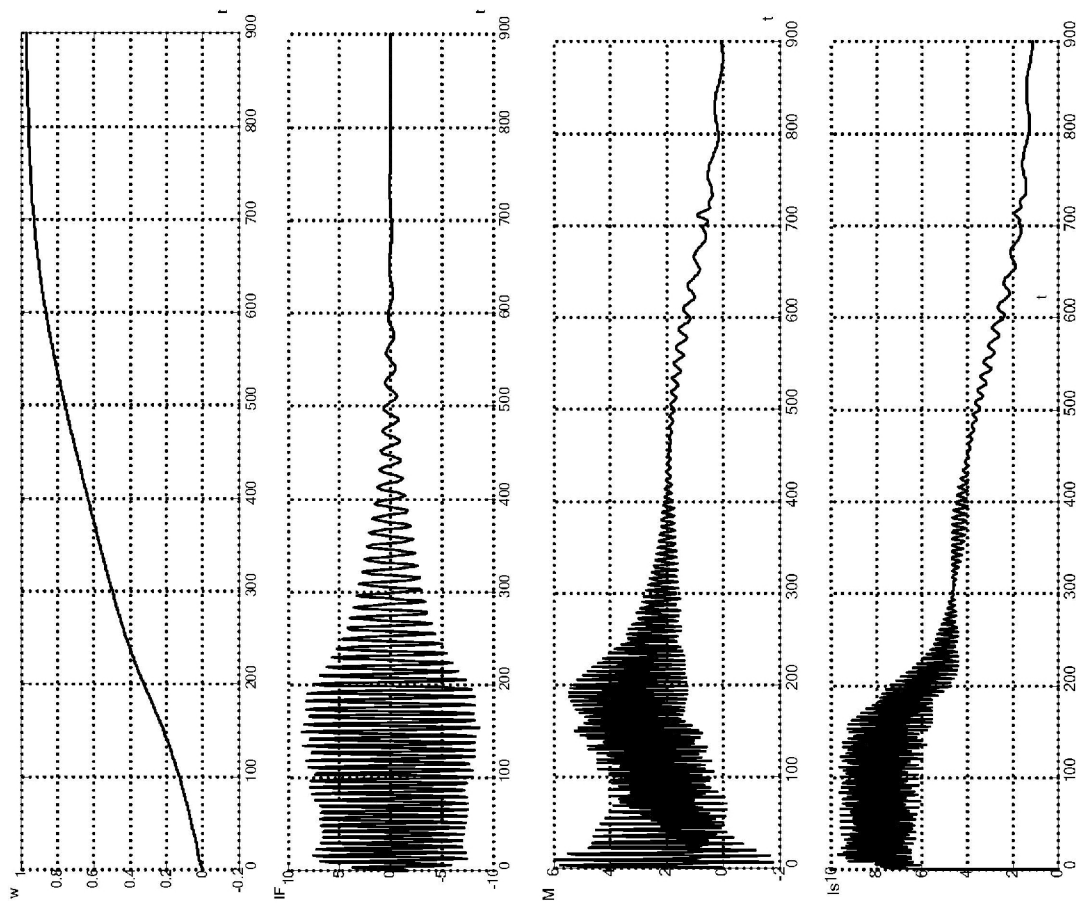


Рисунок 3. Расчетные зависимости пуска СД с переменной емкостью аккумулятора энергии

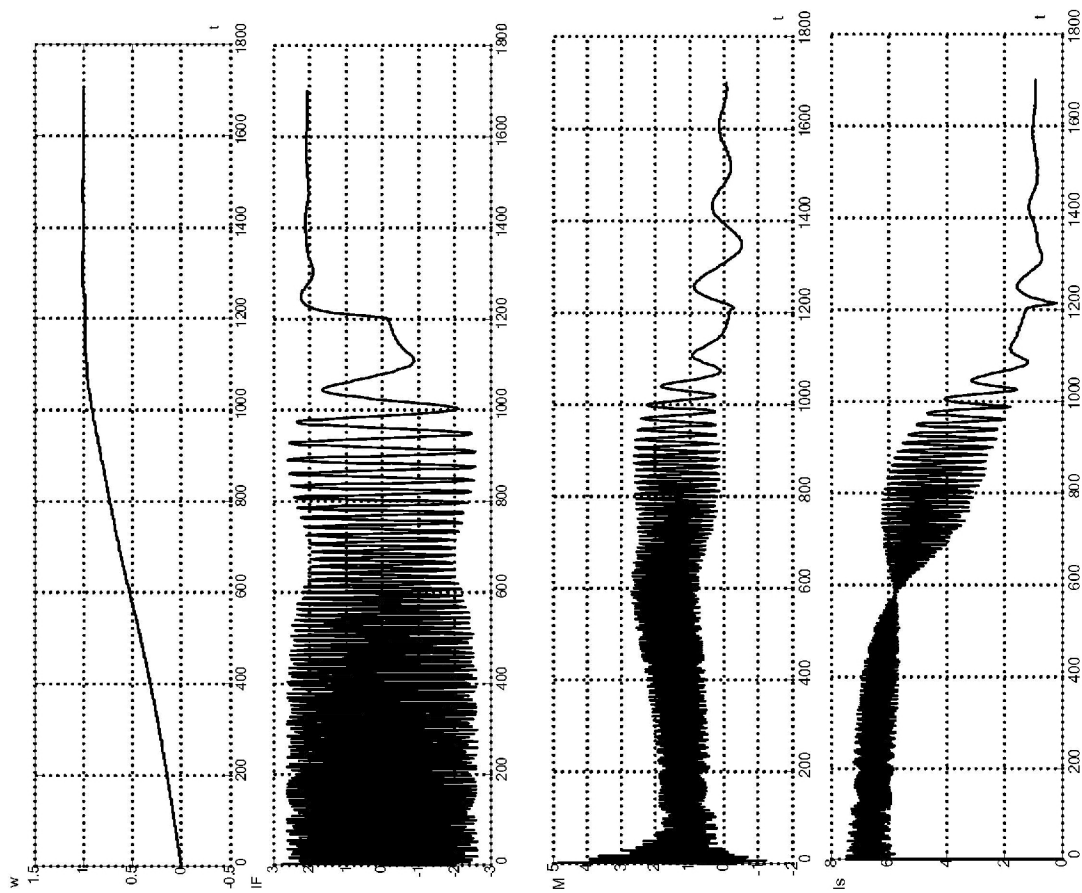


Рисунок 2. Расчетные зависимости резисторного пуска СД