

ПОВЫШЕНИЕ ВХОДНОГО МОМЕНТА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМАХ ПУСКА И САМОЗАПУСКА

Введение. Эффективными методами успешного пуска и самозапуска нагруженных синхронных двигателей (СД) в условиях пониженного напряжения питающей электросети являются методы, основанные на повышении электромагнитного момента за счет применения дискретного управления напряжением возбуждения или изменением величины сопротивления в обмотке возбуждения (ОВ) в функции углового положения ротора и скольжения, а также их совместное управление.

В асинхронном режиме СД из-за фазового сдвига между э.д.с. и током ОВ двигательный момент развивается лишь в интервалы времени, когда знаки э.д.с. и тока одноименны. В интервалы времени при разноименной полярности э.д.с. и тока ОВ создается тормозной момент [1]. Поэтому при совпадении знаков э.д.с. и токов ОВ необходимо принимать кратность пускового резистора K_p минимальной, а при разноименных знаках – максимальной. Однако с увеличением K_p фаза тока приближается к оптимальной, а его амплитуда уменьшается, что ограничивает повышение среднего момента ОВ.

Одним из возможных путей повышения асинхронного момента является применение емкостных накопителей энергии (ЕНЭ) в контуре возбуждения СД, которые уменьшают фазовый сдвиг между э.д.с. и током ОВ с одновременным ростом тока, что ведет к повышению момента [2].

Постановка задач исследования. Целью работы является анализ влияния режимов управления параметрами контура возбуждения на входной момент СД для обеспечения успешного пуска и самозапуска нагруженных двигателей.

Материалы исследования. В асинхронном режиме СД с пусковым резистором сдвиг между э.д.с. e_f и током i_f равен [3]:

$$\psi_2 = \arctg \frac{s_0 T'_d}{1 + K_p}, \tag{1}$$

где s_0 – фиксированное значение скольжения; T'_d – переходная постоянная времени.

При введении ЕНЭ переходная постоянная времени определится выражением

$$T'_d = \frac{x_f - x_c / s^2}{R_f}, \tag{2}$$

где x_f , x_c – индуктивное сопротивление ОВ и приведенное значение емкостного сопротивления ЕНЭ на частоте сети; R_f – активное сопротивление ОВ.

Изменяя величину емкостного сопротивления ЕНЭ в функции скольжения, можно уменьшить переходную постоянную времени, увеличить амплитуду тока ротора с уменьшением фазы и повысить среднее значение момента СД при одноименной полярности э.д.с. и тока ротора. Включая в ОВ шунтирующий ЕНЭ резистор, можно уменьшить амплитуду тока ротора при разноименной полярности с э.д.с. и снизить тормозной момент.

Техническая реализация устройства управления параметрами контура возбуждения СД приведена на рис.1. При достижении ротором заданного скольжения пусковой ток замыкается через резистор R1 и конденсатор С при одноименной полярности э.д.с. и тока ротора, что приводит к росту тока и уменьшению его фазового сдвига и возрастанию ускоряющего момента. При разноименной полярности ЕНЭ шунтируется добавочным

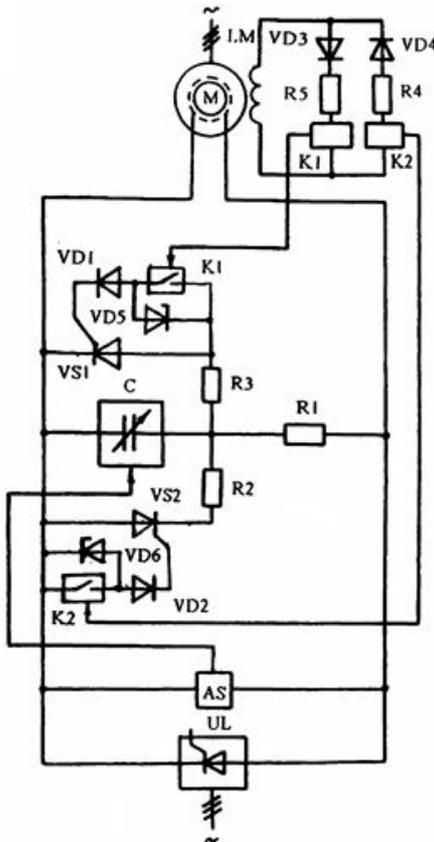


Рис. 1. Схема дискретного управления контуром возбуждения СД

резистором R3, уменьшается амплитуда тока и увеличивается его фаза, что приводит к уменьшению тормозного момента СД.

Для сравнительной оценки получены расчетные зависимости режима асинхронного пуска СД типа СДСЗ-2000-100 мощностью 2000 кВт, 100 об/мин. Расчет выполнен на математической модели, представленной полными уравнениями Парка-Горева в осях d , q и системе относительных единиц. В качестве базового варианта принят пуск СД с $K_n=4$ (рис.2).

Анализ расчетных зависимостей этого режима показывает, что амплитудное значение входного момента СД составляет $m_3=2,0$ о.е. при токе ротора $i_f=2,45$ о.е. Среднее значение момента равно 1,3 о.е.

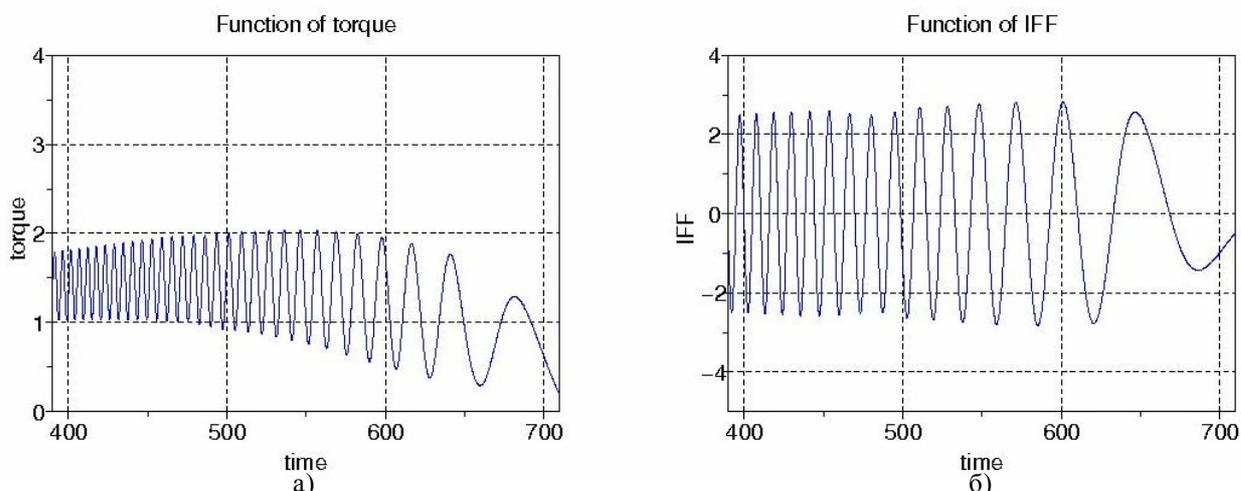


Рис.2. Расчетные зависимости асинхронного пуска СД с $K_n=4$: а) $M=F(t)$; б) $i_f=\varphi(t)$

При включении в контур возбуждения ЕНЭ с емкостью $C=2000$ мкФ, пускового R_n и шунтирующего R_{CH} резисторов алгоритм управления имеет вид: при одноименных знаках e_f и i_f : $R_n=4R_f$, $x_c=x_c(s)$, $R_{CH}=0$; при разноименных знаках e_f и i_f : $R_n=4R_f$, $x_c=x_c(s)$, $R_{CH}=4R_f$.

Расчетные зависимости этого режима приведены на рис.3 и показывают, что амплитуда входного момента составляет $m_3=3,5$ о.е. при амплитуде тока ротора $i_f=4,3$ о.е. Среднее значение входного момента достигло значения 2,4 о.е.

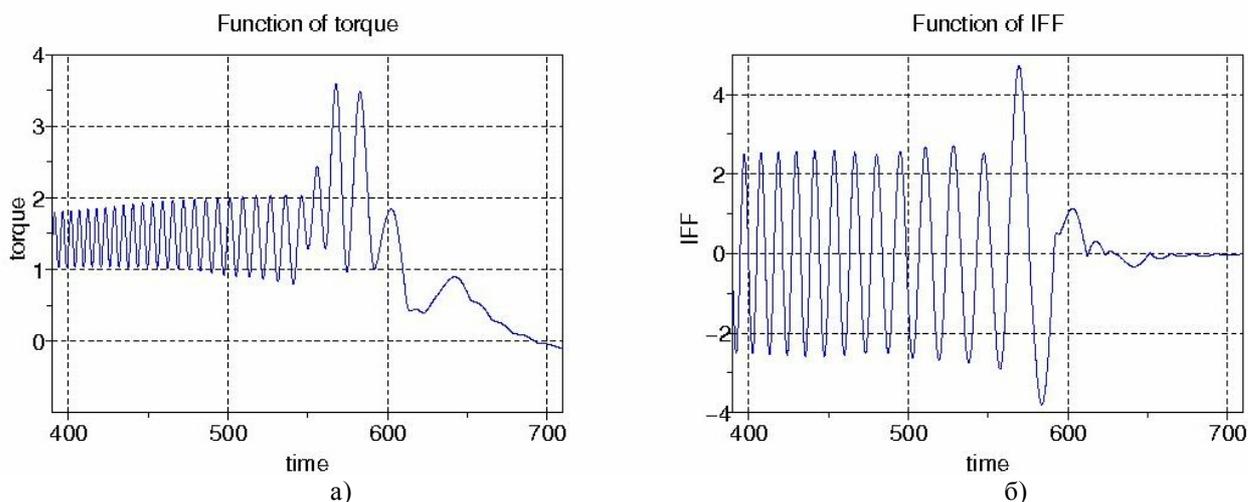


Рис.3. Расчетные зависимости асинхронного пуска с ЕНЭ, R_n , R_{CH} : а) $M=F(t)$; б) $i_f=\varphi(t)$

Выводы. Применение емкостных накопителей энергии в сочетании с пусковым и шунтирующим резисторами в контуре возбуждения позволяет увеличить входной момент синхронного двигателя, а также обеспечить успешный пуск и самозапуск номинально нагруженных двигателей.

Литература.

1. Бабурин В.Б., Сумцов И.А. О повышении продольного электромагнитного момента машин переменного тока в асинхронном режиме // Труды ВНИИЭ. - М.: 1979. - Вып. 57. - С. 65-71.
2. А.с. № 1707721 СССР. МКИ Н 02 Р 1/50. Устройство для асинхронного пуска синхронного электродвигателя/ В.Б.Низимов и С.В.Колычев (СССР). - № 4783561/07; Оpubл. 23.01.92, Бюл. № 3. - 5с.
3. Гольмаков Ю.И., Новиков Н.Н., Шутько В.Ф. Энергетический критерий синхронизации синхронного двигателя при асинхронном пуске // Электричество. - 1983. - №9. - С. 24-28.