

Днепродзержинский государственный технический университет

## К ВОПРОСУ О САМОЗАПУСКЕ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКЕ

**Введение.** На предприятиях химической, черной и цветной металлургии, где широко используются синхронные двигатели (СД), актуальной проблемой является самозапуск агрегатов с номинальной нагрузкой для обеспечения бесперебойности технологического процесса.

Этой проблеме посвящен целый ряд работ, в которых исследовались способы улучшения процесса ресинхронизации за счет специального регулирования тока возбуждения СД или применения коммутаторов в статорных цепях [1-3].

В данной работе исследован на ЭВМ переходный процесс ресинхронизации и на основании полученных результатов рассматривается возможность успешного самозапуска синхронного электропривода с применением устройства гашения поля с последующей форсировкой возбуждения в функции углового положения ротора.

Непрерывный технологический процесс ряда агрегатов, а также характер изменения переменных и их максимальные значения, оказывающие опасные воздействия на СД, предопределили применение ЭВМ при исследовании переходных процессов ресинхронизации.

**Постановка задачи.** Задачей работы являются исследования переходных процессов режима ресинхронизации для построения системы облегченного самозапуска СД.

**Результаты работы.** Исследования проведены применительно к синхронному электроприводу водяных насосов с электродвигателем типа ДС 140-29-6,  $P_H = 600$  кВт. Для определения условий успешного самозапуска СД режимы работы электродвигателя промоделированы по уравнениям Парка-Горева, насыщение при этом не учитывалось. Рассматривались случаи перерыва питания на 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 и 0,30 с при моменте статического сопротивления на валу электродвигателя  $M_c=0$  и  $M_c=M_H$ . Решение дифференциальных уравнений произведено методом Рунге-Куты с шагом интегрирования 0,005 с точностью 0,01.

Один из результатов расчета переходного процесса при перерыве питания СД на 0,15 с приведен на рис.1. При решении уравнений в режиме ресинхронизации приняты следующие начальные условия: напряжение статора  $U_H=0,95 U_N$ ; напряжение возбуждения  $U_H = 0$ ; момент статический  $M_c = 0$ ; ток статора по осям d и q  $i_d=0$ ,  $i_q=0$ ,  $i_{kd}=0,3963$ ,  $i_{kq} = 0$ ; угол  $\Theta = 0$ ; скольжение  $S = 0$ . При этом исходные данные для расчета на ЭВМ взяты, исходя из установившегося режима работы СД.

Исследования показали, что по условиям динамической устойчивости СД в данном случае предельной является длительность перерыва питания 0,15 с. При исследовании режима ресинхронизации с большим временем двигатель выпадает из синхронизма и для успешного самозапуска необходимо обеспечить гашение поля с последующей форсировкой возбуждения. Асинхронный режим нагруженного СД завершается успешной ресинхронизацией лишь после форсировки возбуждения, поданной при благоприятном угле  $\Theta=k\lambda$ .

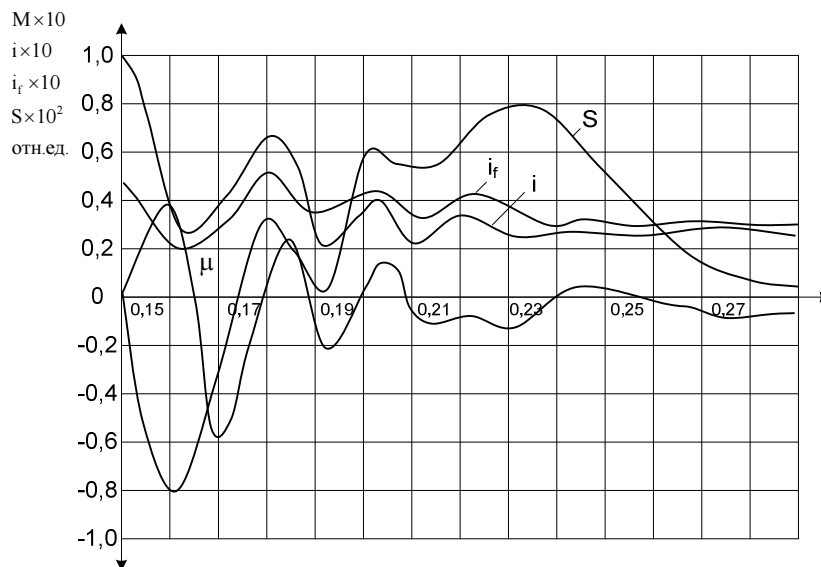


Рисунок 1 – Переходные процессы режима ресинхронизации СД, полученные на ЭВМ

Анализ результатов исследования режима ресинхронизации на ЭВМ показывает, что в начальный момент времени после подачи напряжения  $U = 0,95U_H$  наблюдаются колебания скольжения вокруг среднего значения. Если частота и амплитуда этих колебаний таковы, что мгновенные значения становятся равными нулю в процессе ресинхронизации, то благодаря малому ускорению ротора обеспечивается втягивание СД в синхронизм.

Проведенные исследования режима ресинхронизации СД на ЭВМ позволили создать автоматическое устройство, позволяющее обеспечить самозапуск двигателей и во многих случаях предотвратить аварийную остановку непрерывного технологического процесса.

Предложенное устройство позволяет подать напряжение возбуждения синхронного двигателя при ресинхронизации в наиболее благоприятный момент, зависящий от величины угла  $\Theta$ , что достигается измерением величины угла, сравнением полученного результата с заданием и подачей сигнала на включение возбуждения. Блок-схема устройства ресинхронизации представлена на рис.2.

В устройство ресинхронизации входят: датчик напряжения (ДН), датчик углового положения ротора (ДУП), устройство измерения угла  $\Theta$  (УИ), устройство сравнения (УС), датчик определения полярности напряжения в цепи ротора (ДОП), логический элемент (ЛЭ) и блок задания (БЗ). Устройство ресинхронизации управляет работой силового выпрямителя (СВ) с системой импульсно-фазового управления (СИФУ). Величина угла  $\Theta$  в УИ определяется как фазовый сдвиг между импульсными сигналами, поступающими из ДН и ДУП, и выдается в цифровой форме. Результат измерения, полученный в двоично-десятичном коде, сравнивается с кодом задания в устройстве сравнения. При совпадении кода измеренного угла  $\Theta$  и заданного в БЗ выдается сигнал на включение возбуждения. Величина заданного угла выбирается в каждом конкретном случае. При этом учитывается полярность напряжения в цепи ротора. Подача возбуждения может происходить как в положительный полупериод напряжения в цепи ротора, так и с упреждением.

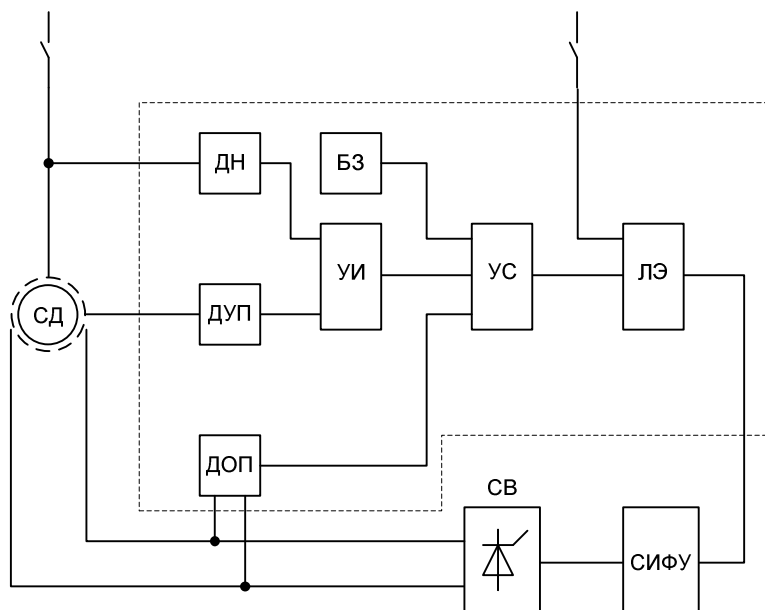


Рисунок 2 – Блок-схема устройства подачи возбуждения в функции угла  $\Theta$

Сигнал, получаемый с устройства сравнения, подается на логический элемент ЛЭ, где суммируется с сигналами от других устройств, участвующих в процессе ресинхронизации.

**Выводы.** Результаты исследований показали, что по условиям динамической устойчивости СД предельной является длительность перерыва питания 0,15с. Для успешного самозапуска необходимо обеспечить гашение поля с последующей форсировкой возбуждения. Исследование режима ресинхронизации на ЭВМ показывает, что в начальный момент времени после подачи напряжения наблюдаются колебания скольжения вокруг среднего значения.

Если частота и амплитуда этих колебаний таковы, что мгновенные значения становятся равными нулю в процессе ресинхронизации, то благодаря малому ускорению ротора обеспечивается втягивание СД в синхронизм.

Проведенные исследования позволили предложить устройство, которое обеспечивает подачу напряжения возбуждения СД при ресинхронизации в наиболее благоприятный момент, зависящий от величины угла  $\Theta$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей / Ю.М.Голоднов, А.Х.Хоренян. – М.: Энергия, 1974. – 148с.
2. Ландорф Л.С. О допустимости несинхронного включения синхронных двигателей / Л.С.Ландорф, М.И.Слодарк // Промышленная энергетика. – 1971. – № 10. – С.25-30.
3. Щигель П.М. Ресинхронизация синхронных двигателей с тиристорным возбуждением / П.М.Щигель // Промышленная энергетика. – 1976. – № 11. – С.11-15.

Поступила в редколлегию 24.01.2012.