

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИНХРОННЫХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АВМ

Е. В. КОНОНЕНКО, А. Ф. ФИНК

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Одним из вопросов теории синхронных реактивных двигателей (СРД), не получивших достаточное развитие, является исследование динамической устойчивости при внезапном изменении нагрузки. Наиболее просто данная задача может быть решена методом больших площадей [1]. Если такая приближенная оценка показывает, что запас устойчивости СРД значительно превышает требуемый, то нет необходимости выполнять расчеты устойчивости более точными методами. Однако уточнение расчетов необходимо, если есть основание полагать, что более точное определение динамической устойчивости позволит улучшить технико-экономические показатели СРД, а также учесть большее количество факторов, влияющих на устойчивость.

Исследование динамической устойчивости СРД состоит не только в проверке сохранения двигателем синхронизма при заданном нарушении режима работы. Необходимо также определить предельно допустимые возмущения, соответствующие границе динамической устойчивости.

Наиболее просто расчеты динамической устойчивости проводятся по полной системе нелинейных дифференциальных уравнений на АВМ [2].

В общем случае возмущение установившегося режима работы СРД может иметь самый различный характер во времени. Рассматривая влияние параметров двигателя на динамическую устойчивость, ограничимся рассмотрением электромеханических переходных процессов, вызванных внезапным набросом нагрузки в виде прямоугольного импульса, величиной M_0 и длительностью действия Δt . Будем считать также, что до и после наброса нагрузки СРД работает вхолостую.

Все расчеты, связанные с изучением влияния параметров двигателя на динамическую устойчивость, выполнялись на аналоговой вычислительной машине ЭМУ-10 по структурной схеме, приведенной в статье [2].

Методика нахождения границы динамической устойчивости принималась следующей [3]. При длительности Δt действия набрасываемого момента M_0 находились два его граничных значения M_{01} , M_{02} путем постепенного увеличения амплитуды момента. Эти моменты должны отличаться друг от друга на заданную величину (не более чем на 1 проц.) и удовлетворять условию, что при меньшем значении (M_{01}) СРД после сброса нагрузки работал устойчиво, а при большем (M_{02}) выпадал из синхронизма.

Проведенные исследования позволили установить, что для определения границы динамической устойчивости, при рассматриваемом характере возмущения, достаточно проследить движение ротора лишь в первом качании после сброса нагрузки. Если угол в первом качании начинает уменьшаться, то СРД не выпадает из синхронизма и после затухания переходных процессов работает устойчиво, как это видно из осциллограммы, приведенной на рис. 1. Более того, в случае, когда на роторе двигателя имеется полная пусковая обмотка, при переходе границы динамической устойчивости СРД вновь втягивается в синхронизм после одного или нескольких «проскальзываний» ротора относительно магнитного поля статора (рис. 2).

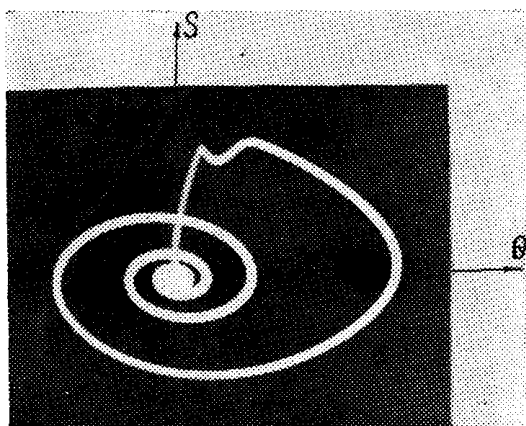


Рис. 1. Осциллограмма движения ротора СРД при внезапном набросе нагрузки без выпадения из синхронизма

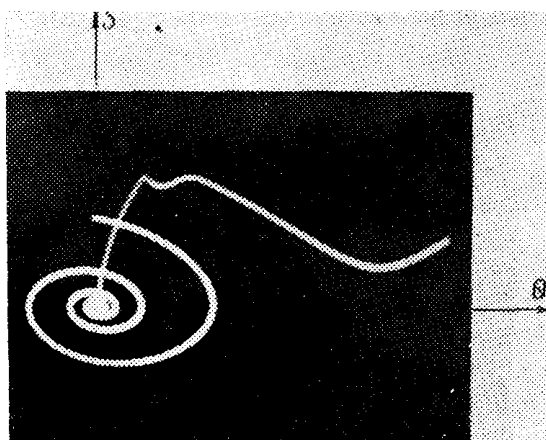


Рис. 2. Осциллограмма движения ротора СРД при внезапном набросе нагрузки с выпадением из синхронизма и последующей синхронизацией

При изучении влияния параметров СРД на динамическую устойчивость границы устойчивости наиболее удобно строить в виде кривых $\frac{M_\theta}{M_m} = f(\Delta\tau)$. Здесь M_m — максимальный момент установившегося синхронного режима работы. Это позволяет оценить влияние как величины, так длительности действия момента M_θ .

На рис. 3 приведены границы динамической устойчивости СРД, имеющих различные постоянные времени пусковых обмоток. Остальные параметры двигателя принимались постоянными и равными:

$$x_d = 2,33; \quad x_q = 0,45; \quad r = 0,049; \quad T_j = 1 \text{ сек}; \\ x_{rd} = 2,31; \quad x_{rq} = 0,428; \quad T_q = 0,25T_d.$$

Из приведенных данных следует, что при увеличении постоянных времени T_d , T_q область устойчивой работы СРД расширяется. Поэтому при проектировании СРД пусковые обмотки должны обладать наименьшим активным сопротивлением.

Большое влияние на динамическую устойчивость СРД оказывает момент инерции вращающихся масс. Как видно из рис. 4, с увеличением T_j область устойчивой работы расширяется, так как двигатели с большими моментами инерции вывести из состояния равновесия значительно труднее.

Влияние активного сопротивления обмотки статора СРД на область динамической устойчивости характеризуется кривыми, представленными на рис. 5. Из этих кривых видно, что с увеличением r область устойчивой работы сужается. Это можно объяснить влиянием электро-

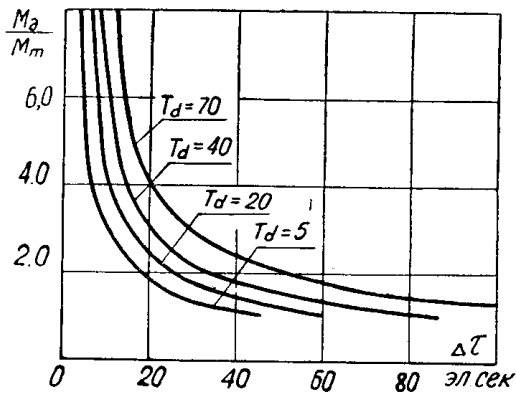


Рис. 3. Зависимости границ динамической устойчивости от постоянных времени обмоток ротора

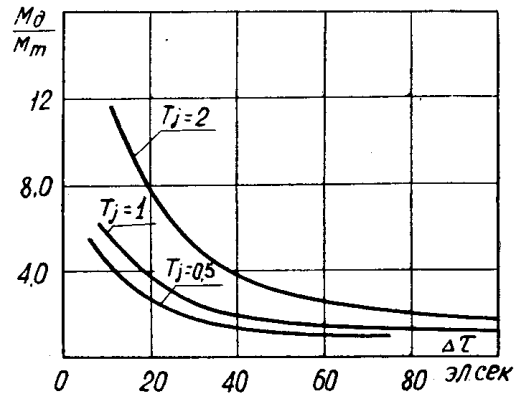


Рис. 4. Зависимости границ динамической устойчивости от инерционной постоянной вращающихся масс

магнитных переходных процессов в обмотке статора. Скорость затухания апериодических составляющих тока и потокоцеплений, возникающих в обмотке статора при переходных процессах, пропорциональна активному сопротивлению обмотки статора. Следовательно, при увеличении r электромагнитные переходные процессы оказывают меньшее влияние. Определялось также влияние отношения параметров $\frac{X_d}{X_q}$ на область динамической устойчивости. Исследования показали, что

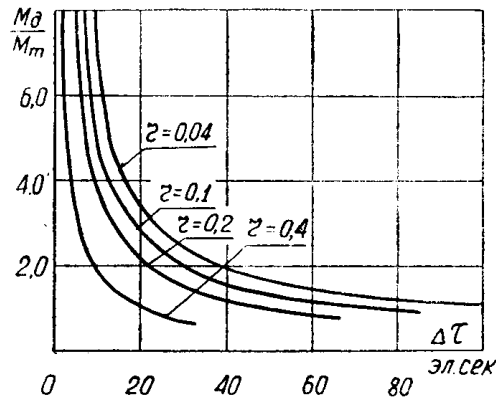


Рис. 5. Зависимости границ динамической устойчивости от активного сопротивления обмотки статора

увеличение отношения $\frac{X_d}{X_q}$ смещает области устойчивой работы в сторону уменьшения.

Из приведенных кривых (рис. 3, 4, 5) видно, что границы динамической устойчивости существенно зависят от длительности действия $\Delta\tau$. При малых длительностях действия динамическая устойчивость значительно превышает статическую. По мере увеличения $\Delta\tau$ область динамической устойчивости приближается к статической. При некоторых соотношениях параметров область динамической устойчивости может быть даже меньше величины статической перенагружаемости.

При пренебрежении электромагнитными переходными процессами исследование динамической устойчивости может быть сведено к решению лишь одного уравнения движения ротора.

Сравнение границ динамической устойчивости, рассчитанных по полным уравнениям и уравнению движения ротора, приведены на рис. 6. Как следует из данных кривых, учет переходных электромагнитных процессов в обмотке статора увеличивает запас по динамической устойчивости на 10-15 проц.

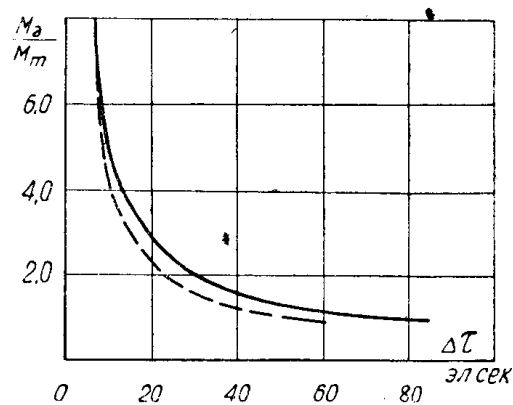


Рис. 6. Сравнение результатов расчета границ динамической устойчивости по полным уравнениям (сплошная кривая) и уравнению движения ротора (пунктирная кривая)

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. В. Кононенко, А. Ф. Финк. Втягивание в синхронизм синхронно-реактивного двигателя. Известия ТПИ, т. 145, 1966.
2. Е. В. Кононенко, А. Ф. Финк. Применение вычислительной машины ЭМУ-10 для исследования переходных электромеханических процессов в синхронных реактивных двигателях. Известия ТПИ, т. 160, 1966.
3. И. М. Серый, Ю. И. Юшманов, А. А. Янко-Триницкий. Влияние демпферных моментов на динамическую устойчивость синхронного двигателя. Известия вузов «Электромеханика», 1961, № 7.