
Сравнительный анализ двигателей ST “Сервотехника” в качестве двигателей для приводов подач металлообрабатывающего оборудования и асинхронных двигателей общепромышленного применения

по данным испытаний “Савеловского машиностроительного завода”

Для испытаний в качестве двигателя для привода подачи стола по оси X был взят двигатель модели SF-100LB (5,5кВт, 1910об/мин, 330V, 12,6А, $J_{tot}=0,0076$ кг*м², $f_{ном}=66.7$ Гц, $\cos\varphi=0.86$). Для управления двигателем использовался частотный преобразователь F5M фирмы КЕВ. Вал двигателя соединен с ходовым винтом станка «жесткой» муфтой, т.е. не имеющей упругих элементов для компенсации возможной несоосности вала двигателя и ШВП. Инкрементальный датчик установлен на валу ШВП ($Z=10000$ inc/rev). В качестве системы ЧПУ была использована система РМАС компании Delta Tau .

Программная среда COMBIVIS для настройки преобразователей частоты КЕВ (ввод параметров двигателя SF-100LB)

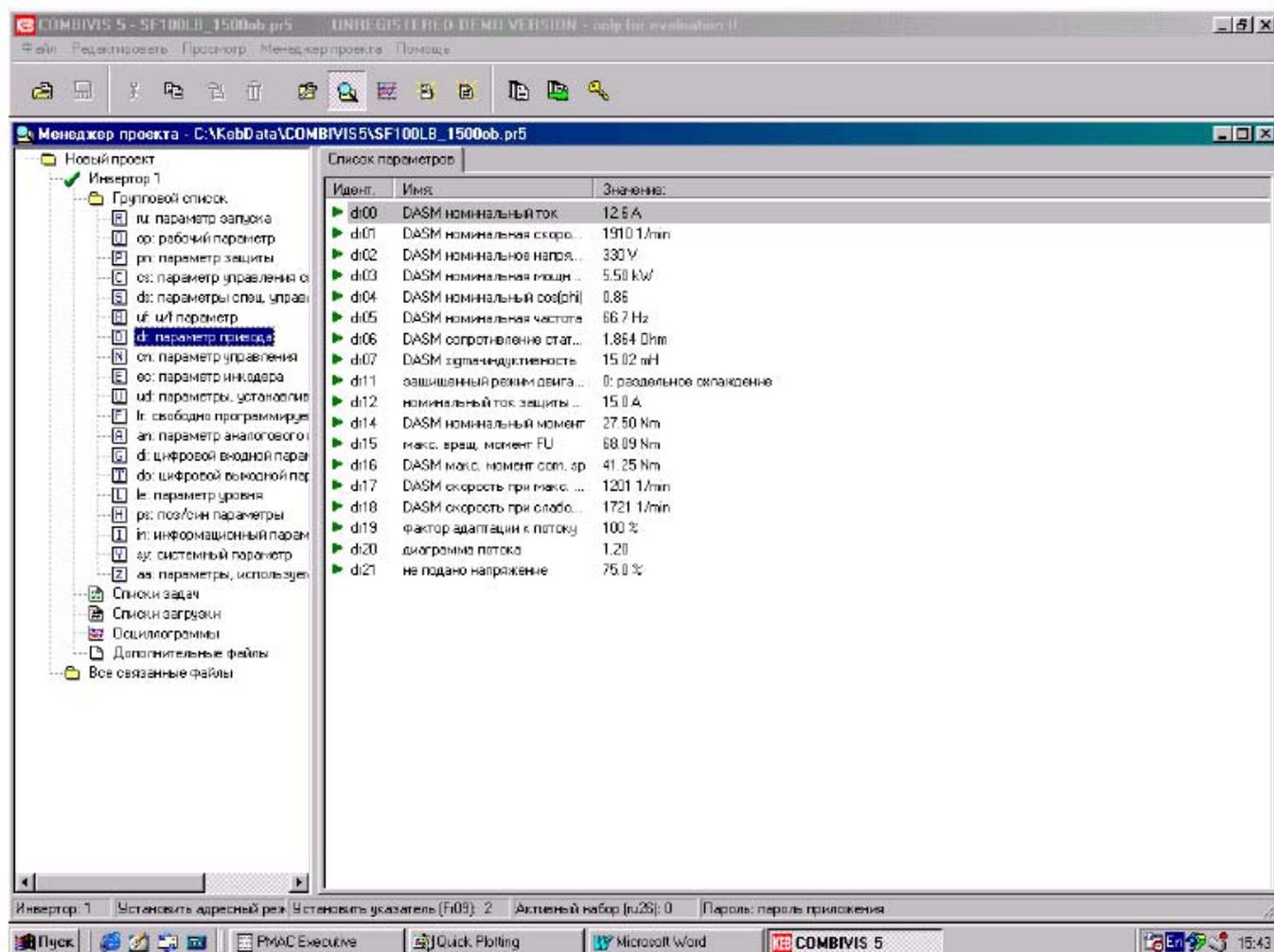


Рис 1.

После ввода данных двигателя (рис 1) и настройки контура скорости была получена следующая характеристика разгона торможения и реверса при разомкнутом контуре позиционирования представленная на рис 2 и рис 3 .

Разгон торможение и реверс двигателя SF-100LB при задании скорости 100 об/мин

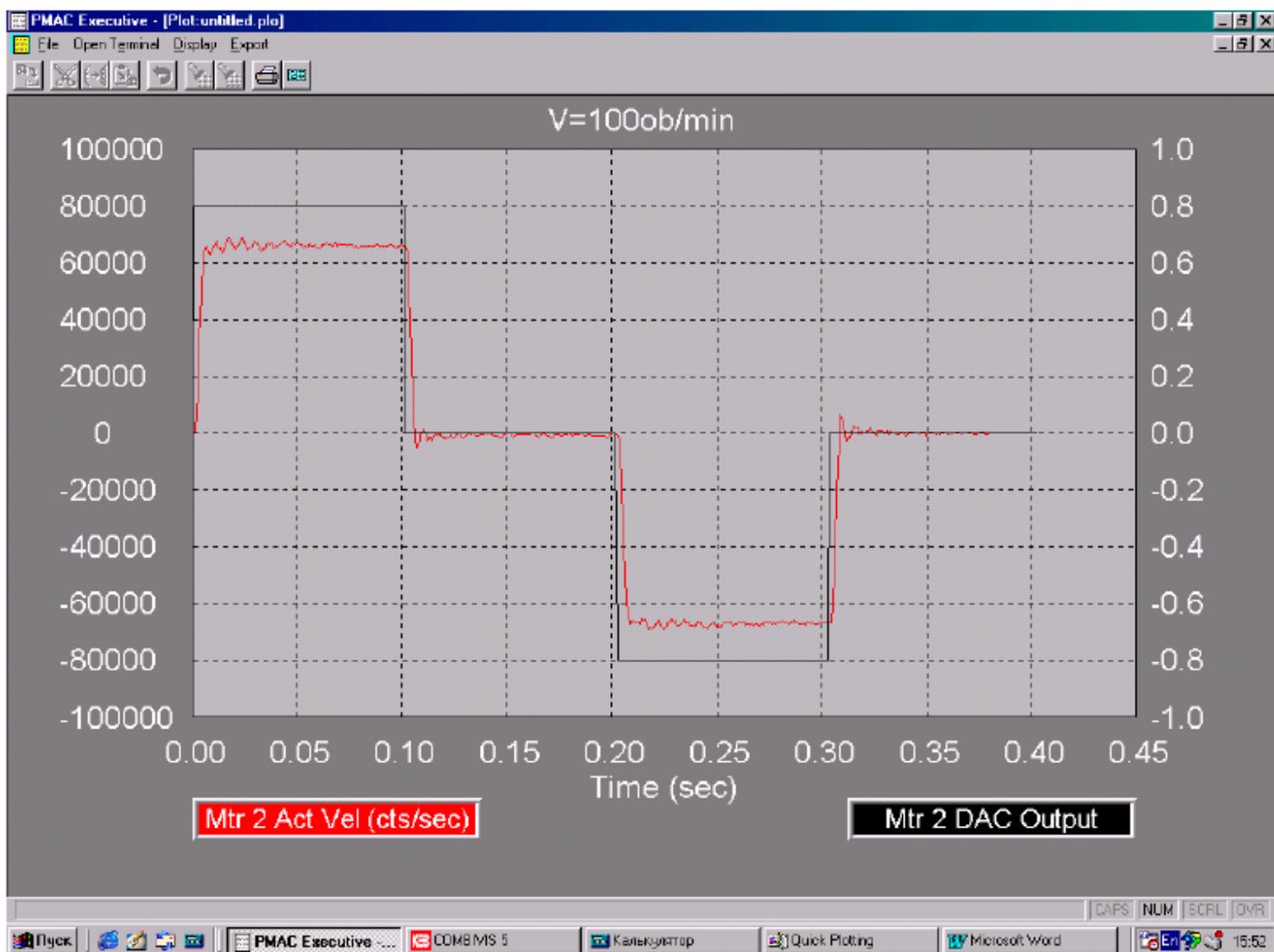


Рис 2

Масштаб оси скорости (левая ось на рис 2) соответствует скорости пройденного количества импульсов датчика положения за одну секунду. Тогда частота вращения вала двигателя в об/мин определится как:

$$\omega_{под} = \frac{V_{лин} * 60}{4 * 10000}$$

где: $\omega_{под}$ -частота вращения ротора двигателя подачи.

$V_{лин}$ - скорость пройденного количества импульсов датчика положения в секунду (находится из графика).

На оси расположенной с правой стороны графика отложен масштаб выходной величины ЦАП в вольтах. На рис 3 представлен график скорости аналогичный графику скорости на рис 2 с заданной частотой вращения ротора двигателя равной 1000 об/мин.

Разгон торможение и реверс двигателя SF-100LB при задании скорости 1000 об/мин

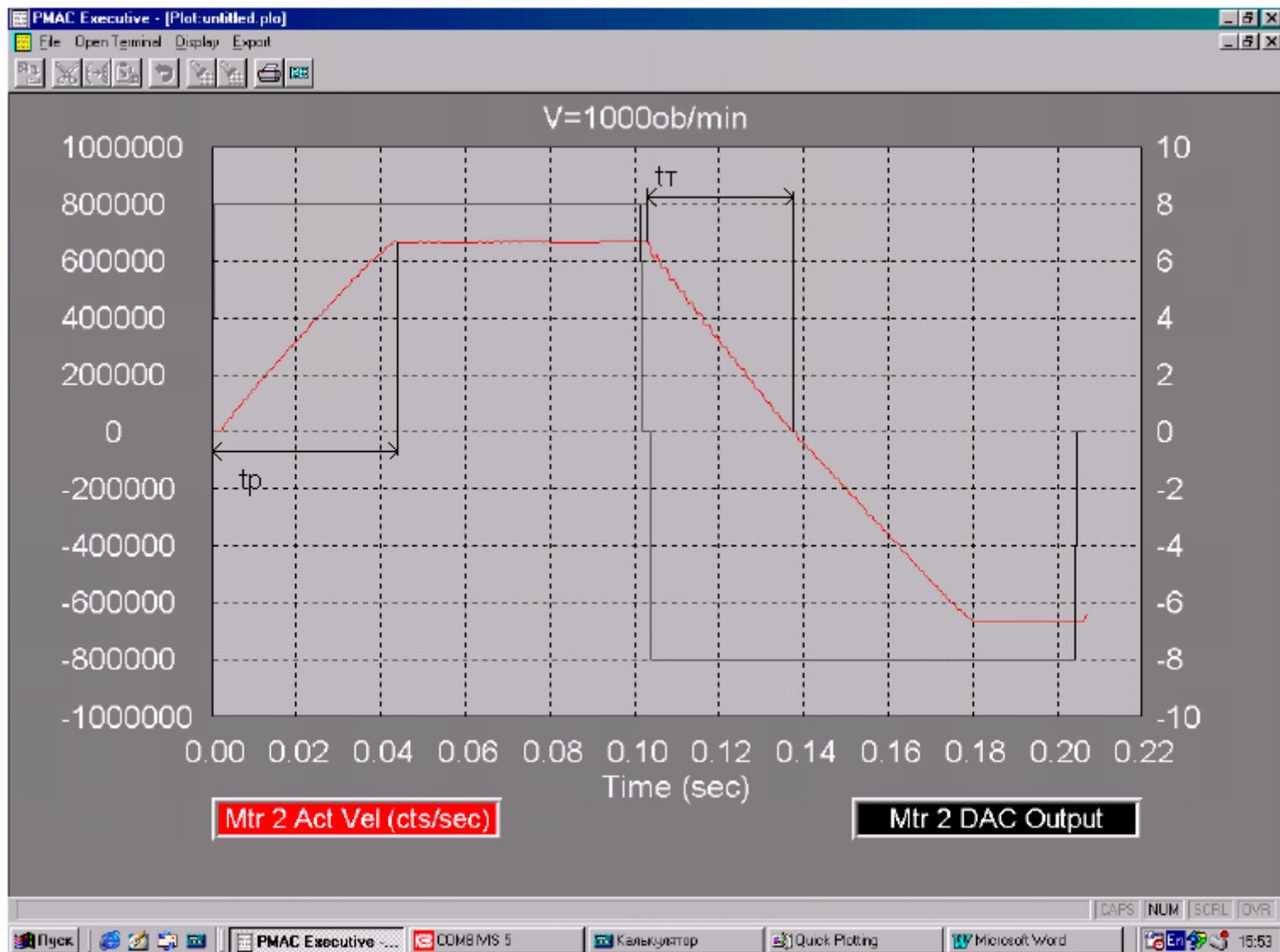


Рис 3

Из рис 3 находятся времена разгона и торможения для двигателя SF-100LB. Время разгона $t_p=0.043$ сек, а время торможения $t_t=0.034$ сек. Разница времени разгона и торможения показывает на наличие реактивной нагрузки (сухое трение). Проведем испытания двигателя при замкнутом контуре позиционирования при отработке импульсного задания позиции. Результаты представлены на рис 4.

Обработка импульсного задания по позиции двигателем SF-100LB

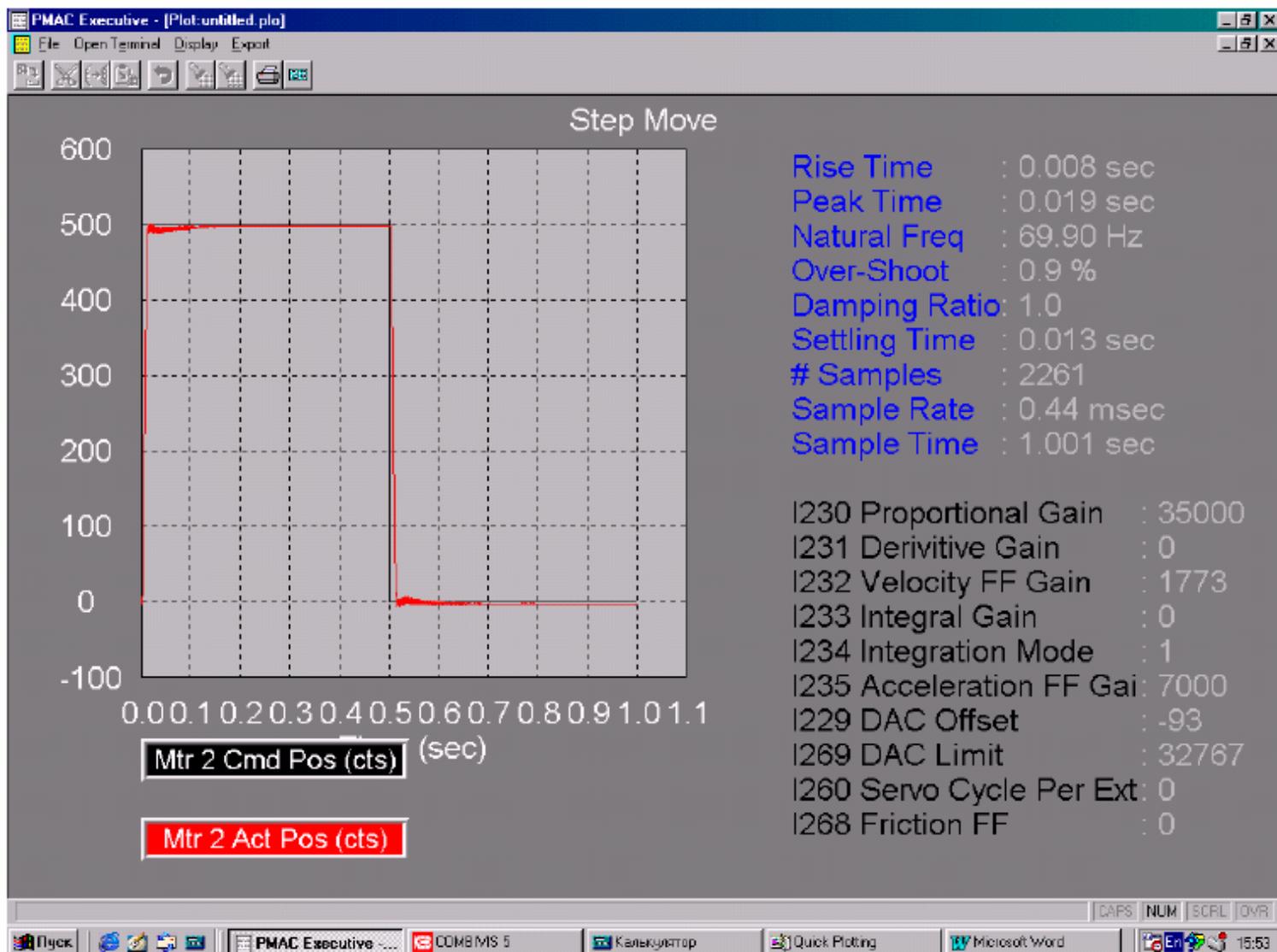


Рис 4.

Значение по оси позиции выражено в количестве импульсов датчика положения. Для вычисления расстояния пройденного столом воспользуемся формулой:

$$S = \frac{t}{4 * z}$$

где: S-расстояние соответствующее одному импульсу

t – шаг ШВП.

z-количество импульсов датчика положения.

При данных испытаниях шаг ШВП равен t=10 мм. Тогда одному импульсу датчика положения соответствует расстояние:

$$S = \frac{10000}{4 * 10000} = 0.25 \text{ мкм}$$

А одному микрону соответствует 4 импульса. На графике приняты следующие обозначения: Rise time-время нарастания(должно быть как можно меньше), Peak time-время достижения максимального значения, Natural Freq-полоса пропускания, Over-Shoot-перерегулирование, Damping Ratio-коэффициент демпфирования колебаний, Setting time-время достижения заданной позиции с ошибкой 5%.

При задании позиции описываемой кривой третьего порядка скорость передвижения стола описывается кривой второго порядка, а ускорение линейно. Таким образом, корреляция между скоростью и ускорением стремится к нулю. Именно такой характер движения используется для настройки коэффициентов усиления звеньев комбинированного управления по скорости и ускорению в системе ЧПУ PMAC.

Отработка задания по позиции двигателем SF-100LB($n_{\max}=1000$ об/мин)

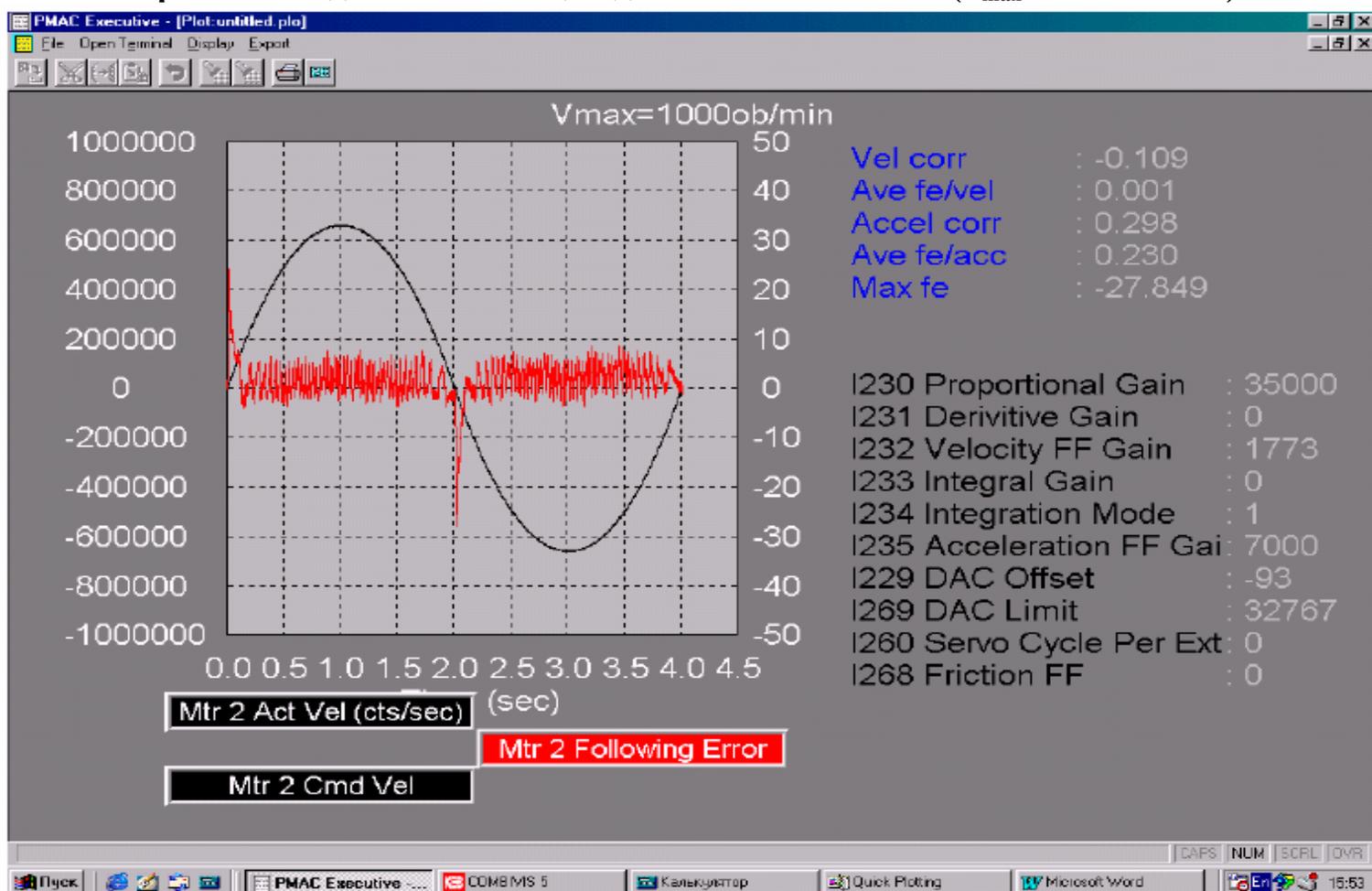


Рис 5.

На графике по рис 5 приняты следующие обозначения: Vel corr- корреляция скорости движения и рассогласования, Ave fe/vel-округленное число рассогласования приходящегося на единицу скорости, Acc corr- корреляция ускорения и рассогласования, Ave fe/acc-округленное число рассогласования приходящегося на единицу ускорения, Max fe-

максимально зафиксированное рассогласование. По правой оси графика откладывается значение рассогласования по левой скорости. В данном случае (учитывая что одному микрону соответствует 4 импульса) максимальная ошибка составит 6.96 мкм.

Обработка задания по позиции двигателем SF-100LB($n_{max}=1$ об/мин)

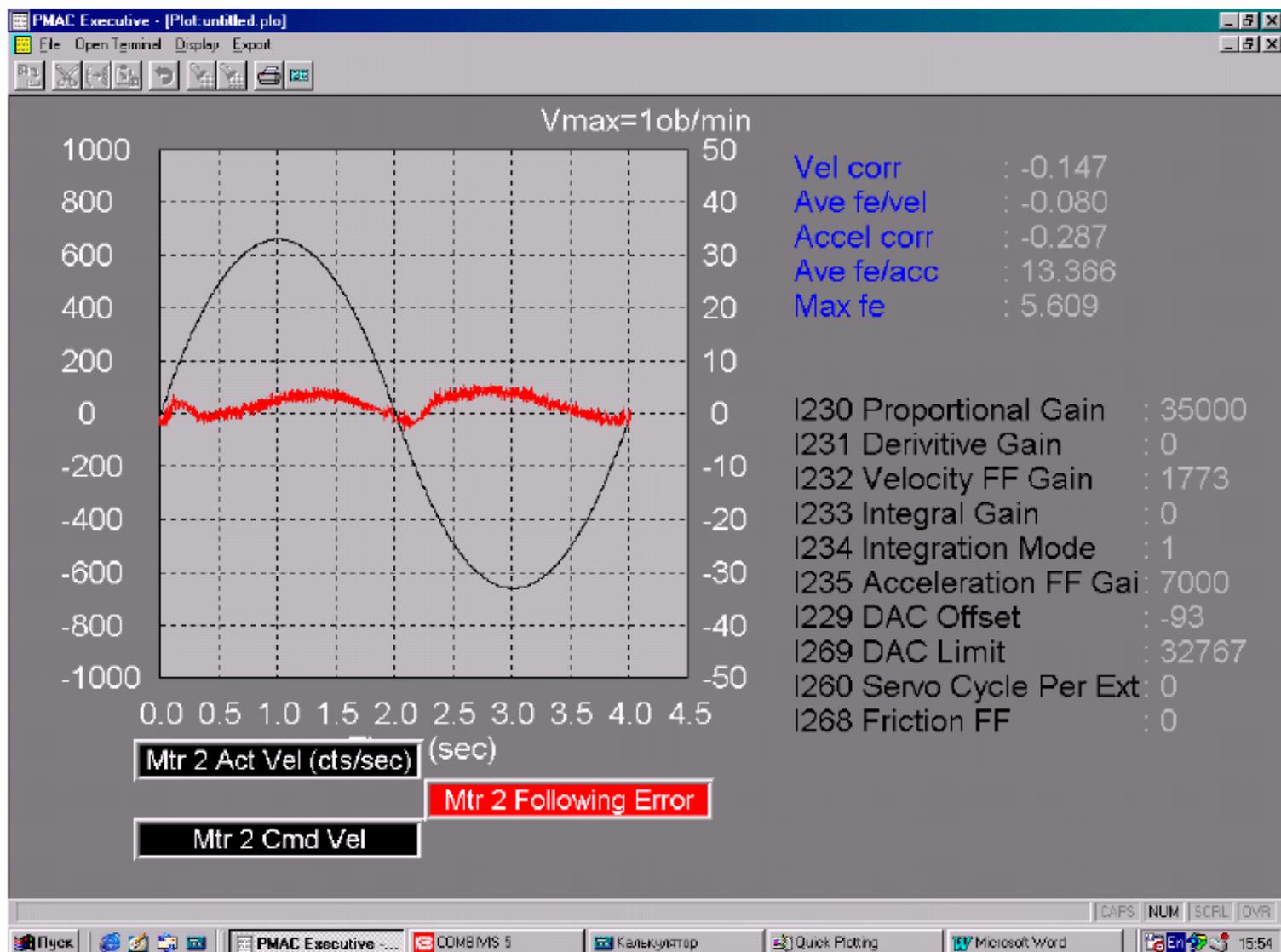


Рис 6.

График на рис 6 отображает те же величины что и график на рис 5 но при максимальной скорости вращения ротора 1 об/мин. Максимальное рассогласование составит 1.4 мкм.

Проведем испытания подобные проделанным выше с асинхронным двигателем общепромышленного применения. Данные асинхронного двигателя: $P=4.4$ кВт, $n_n=1410$ об/мин, $U_n=380$ В, $I_n=8.5$ А, $J_{rot}=0,011$ кг*м², $f_{ном}=50$ Гц.

Программная среда COMBIVIS для настройки преобразователей частоты КЕВ (ввод параметров АД общепромышленного применения)

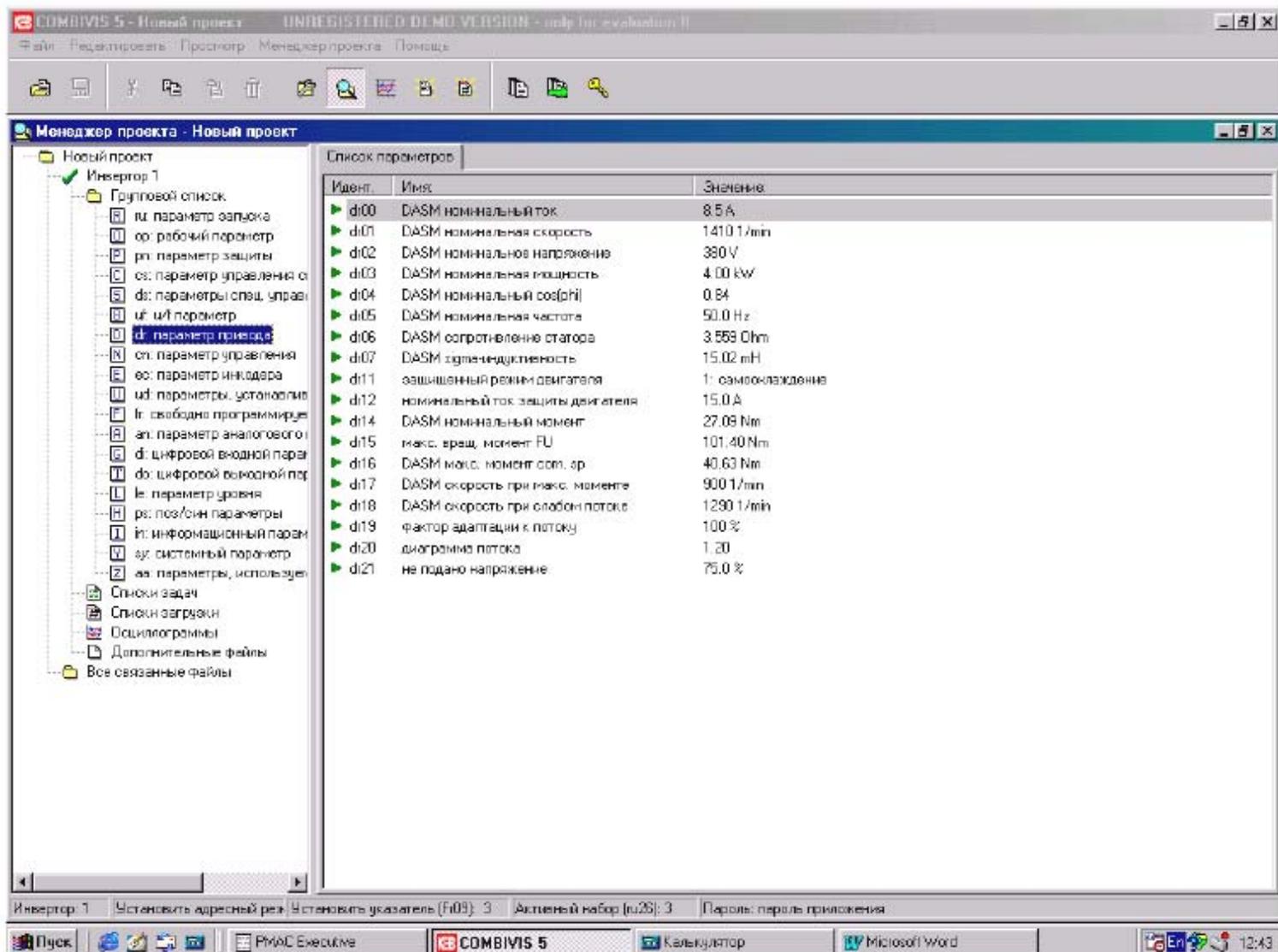


Рис 7.

Далее следуют результаты для асинхронного двигателя общепромышленного применения расчет скоростей и величины рассогласования производится аналогично описанному выше.

Разгон торможение и реверс двигателя общепромышленного применения при задании скорости 100 об/мин

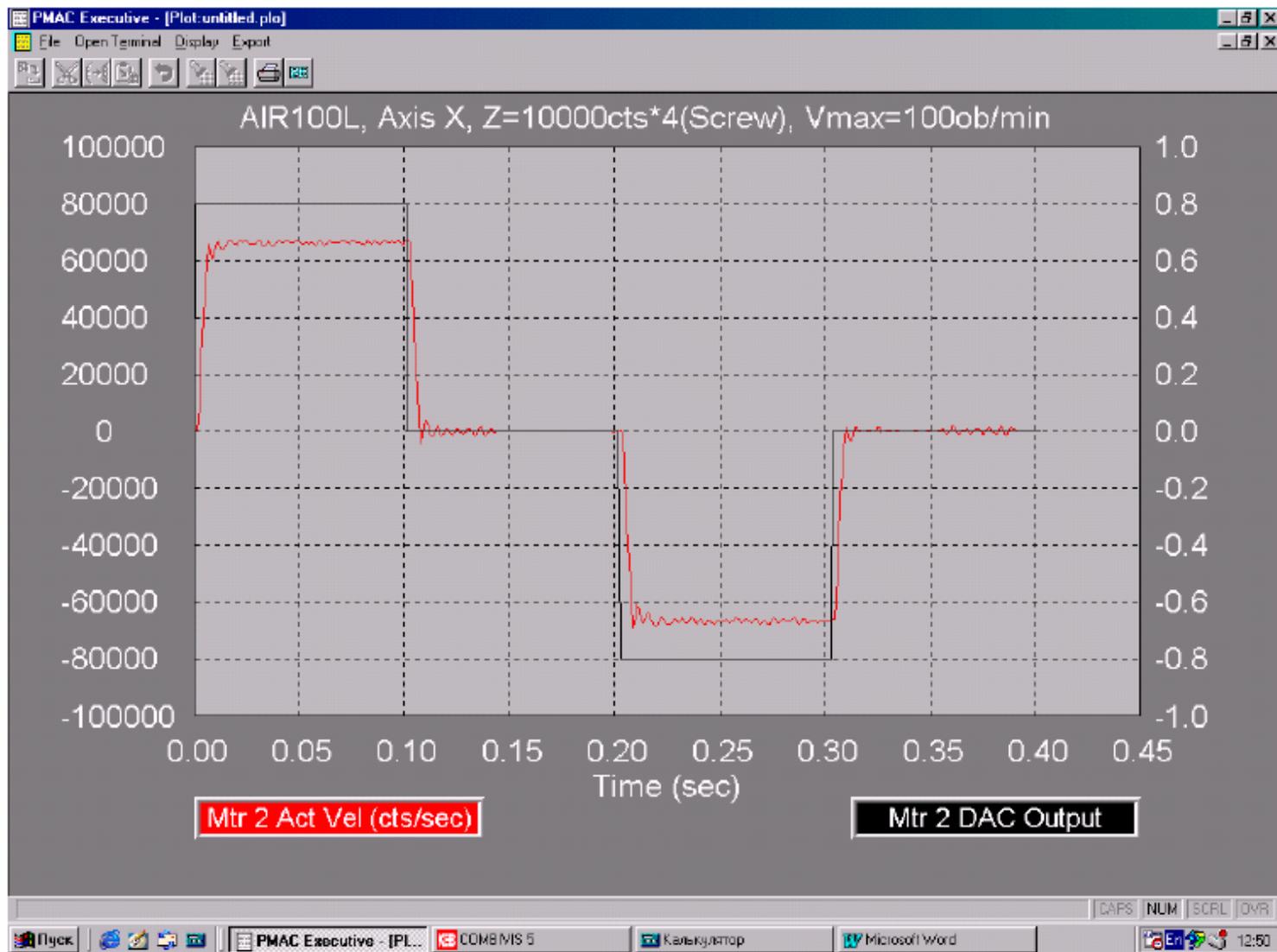


Рис 8.

Сравнивая аналогичную характеристику двигателя SF-100LB двигателя общепромышленного применения, в силу технологических особенностей изготовления, не обеспечивают коэффициент неравномерности частоты вращения аналогичный SF-100LB.

Разгон торможение и реверс двигателя общепромышленного применения при задании скорости 1000 об/мин

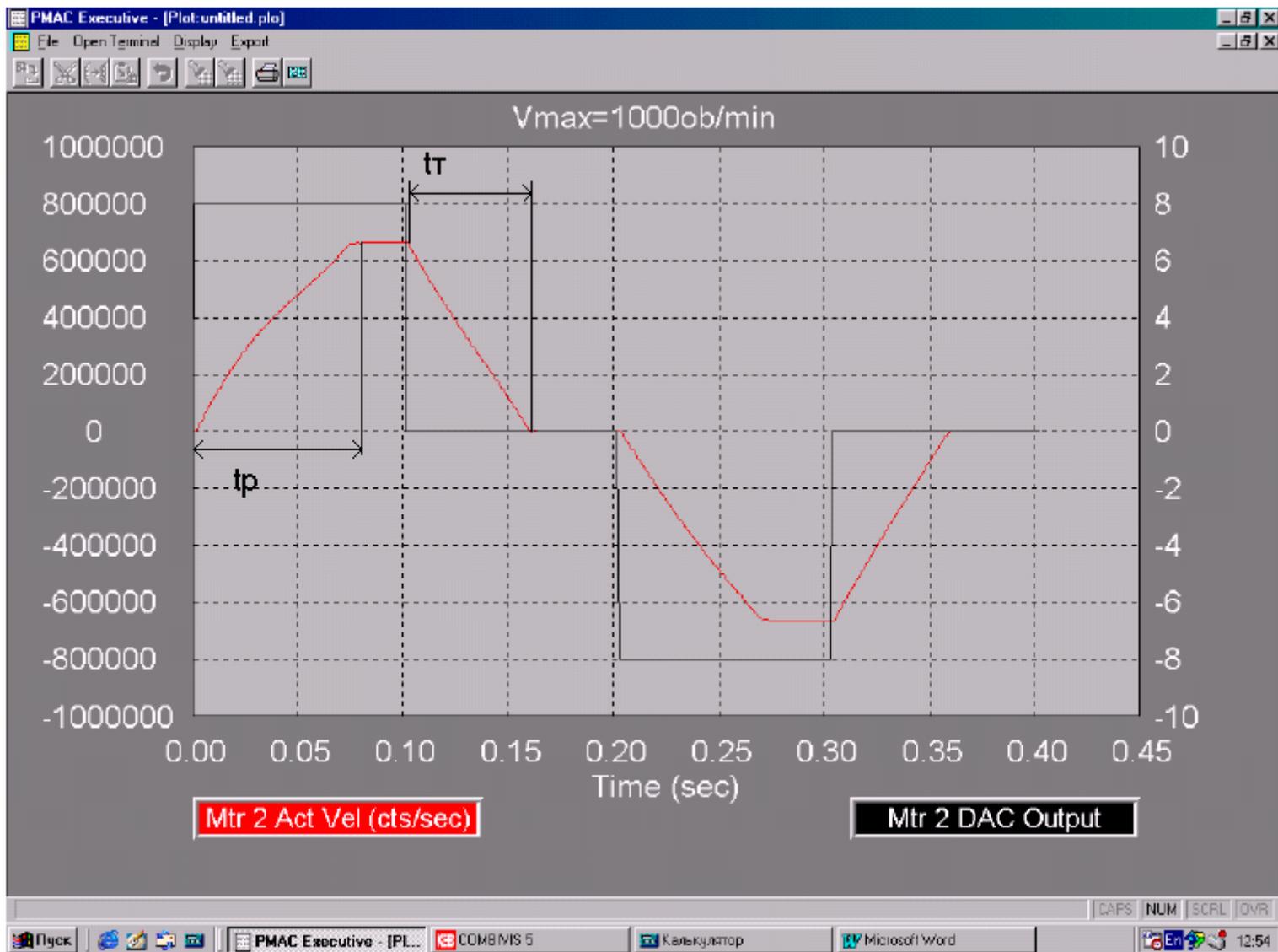


Рис 9.

Из данных графика на рис 9: время разгона $t_p=0.075$ сек, время торможения $t_\tau=0.062$ сек. Сравнивая значения с аналогичными для двигателя SF-100LB можно сделать вывод о том, что машины общепромышленной серии уступают двигателю SF-100LB по динамическим показателям переходного процесса.

Обработка импульсного задания по позиции асинхронным двигателем общепромышленной серии

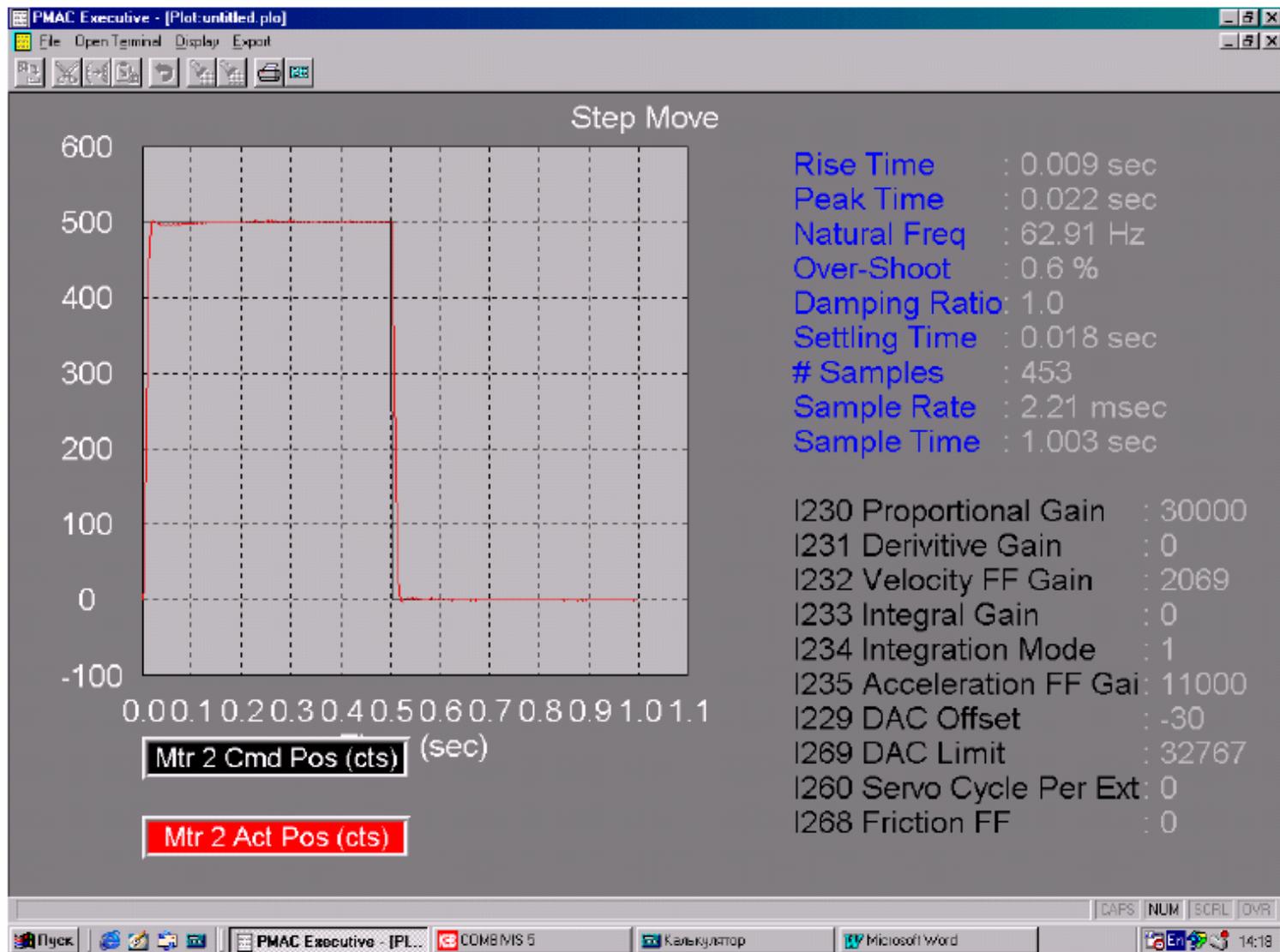


Рис 10.

Сравнивая качественные показатели переходного процесса по позиции двух двигателей видно что при использовании двигателя SF-100LB (рис 4) параметры переходного процесса, такие как время нарастания, время достижения максимума, полоса пропускания системы, время достижения заданного значения, имеют более оптимальные значения чем при использовании общепромышленного двигателя.

Отработка задания по позиции асинхронным двигателем общепромышленной серии ($n_{max}=1000$ об/мин)

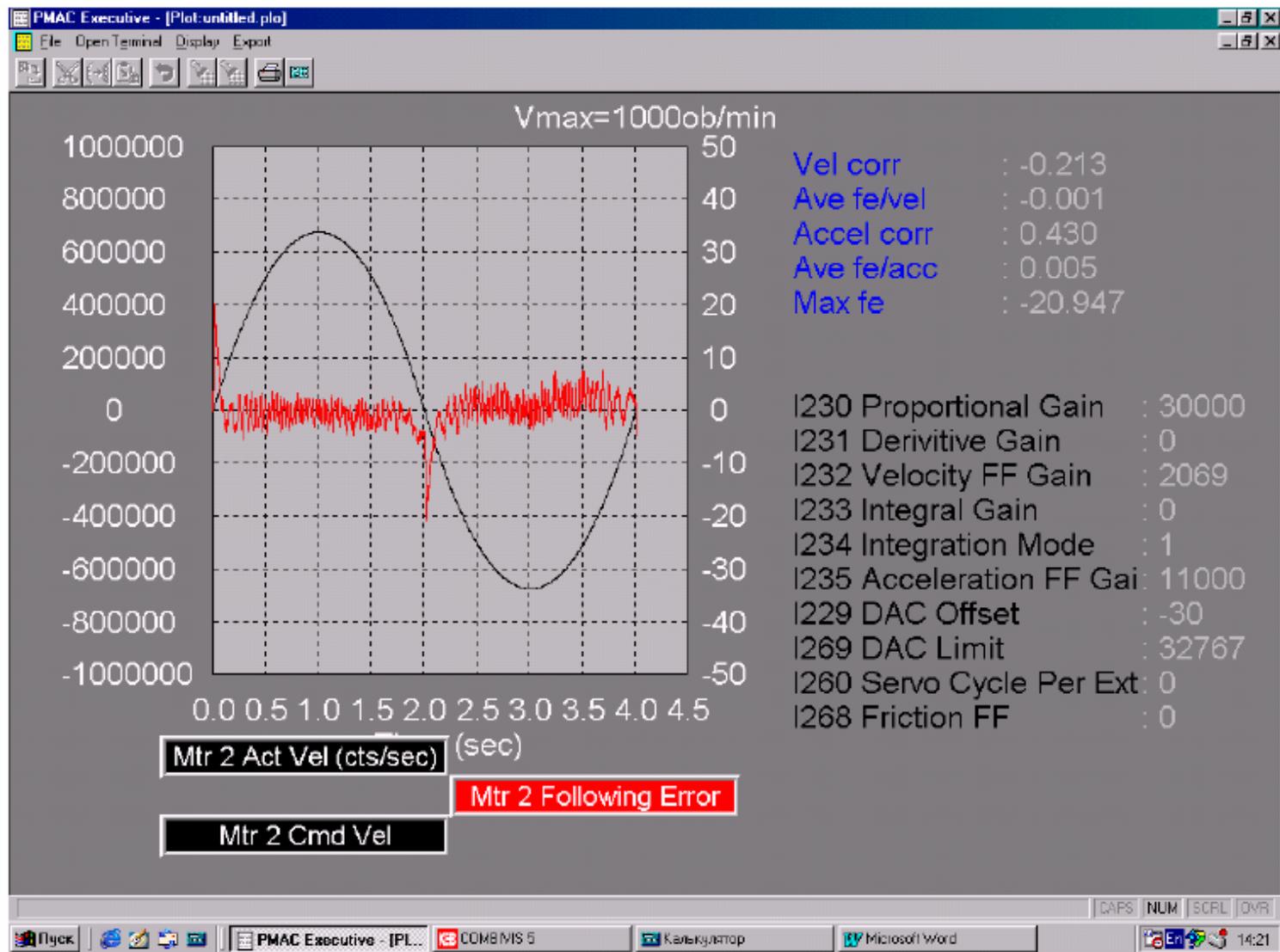


Рис 11.

Из данных графика на рис 11 максимальное рассогласование составляет 5.24 мкн. Однако в данном случае среднее число рассогласования на единицу ускорения существенно ниже чем при испытании двигателя SF-100LB (рис 5). Что говорит о дополнительной возможности компенсации рассогласования коэффициентом по ускорению ,параметр I235(рис 11).

Отработка задания по позиции асинхронным двигателем общепромышленной серии ($n_{max}=1$ об/мин)

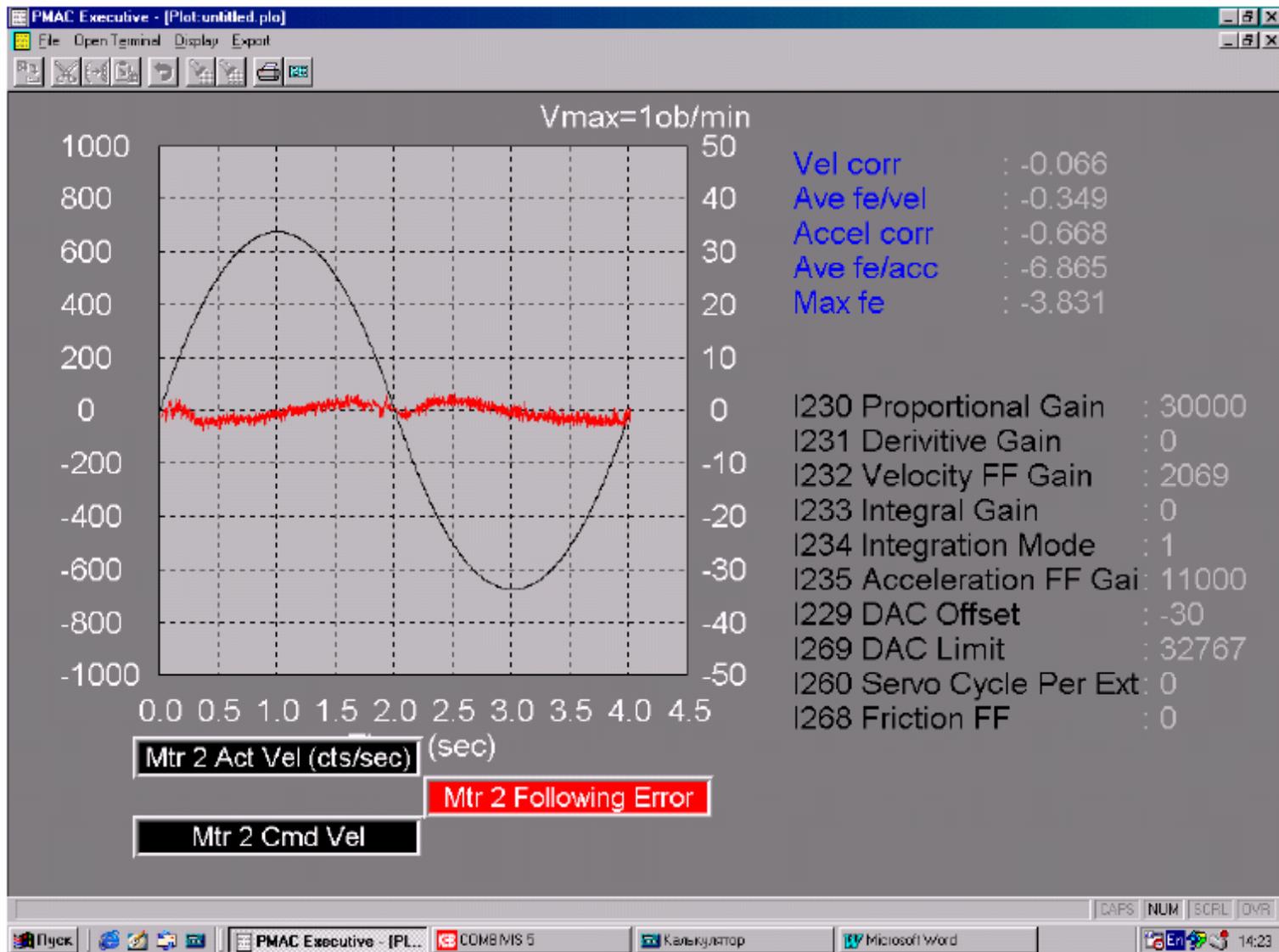


Рис 12.

Из данных графика на рис 12 максимальное рассогласование составляет 0.96 мкн. Значения величины рассогласования на единицу ускорения, как и в случае показанном на рис 11, значительно ниже, а значение параметра I235 значительно выше чем у двигателя SF-100LB (рис 6). Что, как и в предыдущем случае, говорит о дополнительной возможности компенсации рассогласования коэффициентом по ускорению, параметр I235(рис 12).

Вывод: Использование асинхронных двигателей компании “Сервотехника” позволяет получить более динамичные механические характеристики и как следствие этого снизить статическое и динамическое рассогласование и получить меньшую контурную погрешность при обработке на станках с ЧПУ. Кроме того при использовании полузамкнутого контура управления позицией (датчик обратной связи установлен на валу двигателя) существенно упрощается монтаж двигателя т.к. нет необходимости разрабатывать узел крепления энкодера на валу двигателя (энкодер уже встроен в двигатель).