

П.В. БЫКОВСКИХ, магистрант гр. 5ГМ4А (ТПУ)
 Научный руководитель Н.В. ГУСЕВ, к.т.н., доцент (ТПУ)
 г. Томск

АНАЛИЗ ОШИБОК ПРИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ДВУХКООРДИНАТНОГО ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО СЭП

Одним из главных требований, предъявляемых при проектировании 2-х координатных следящих электроприводов, является минимизация контурных и координатных ошибок.

Контурная ошибка представляет собой разность между заданной и отработанной траекторией движения, измеренной в плоскости XY. Значение контурной ошибки пропорционально влияет на быстродействие системы при отработке заданных траекторий движения [1]. Исследования значений контурной ошибки были проведены при круговой интерполяции при изменении круговой частоты задания, при этом частота квантования по времени составляла 50 Гц. На рис. 1, 2 показана контурная ошибка $\Delta_{\text{КОНТ}}$, измеренная в установившемся режиме движения.

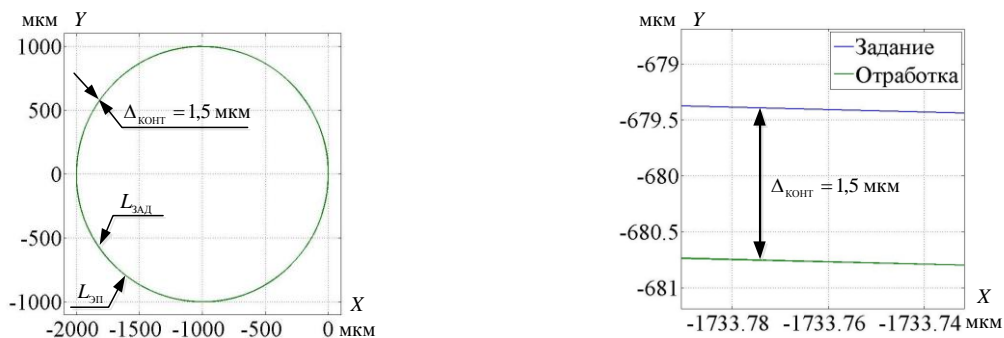


Рис. 1. Траектория движения при круговой интерполяции и круговой частоте $\omega_k=2\text{с}^{-1}$ при частоте квантования 50Гц

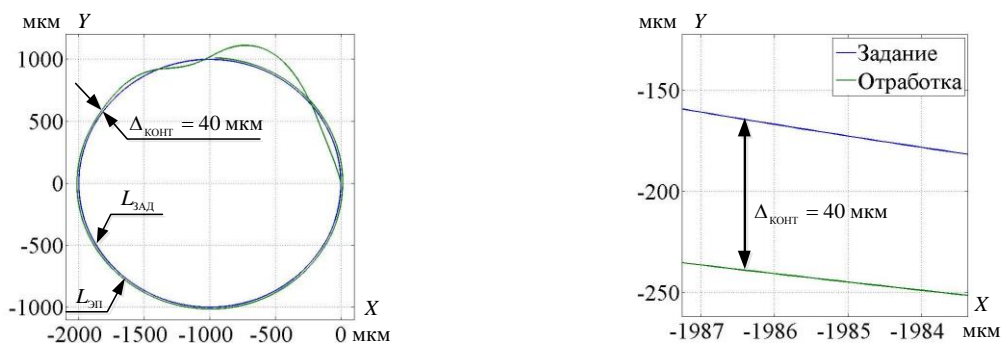


Рис. 2. Траектория движения при круговой интерполяции и круговой частоте $\omega_k=8\text{с}^{-1}$ при частоте квантования 50Гц

Также были проведены эксперименты для исследования зависимостей контурных ошибок, измеренных в установившемся режиме от круговой частоты задания траектории движения следящего 2-х координатного электропривода в режиме круговой интерполяции при разных значениях частоты квантования по времени в диапазоне от 50Гц до 1000Гц. По этим данным построено семейство характеристик, представленных на рис. 3.

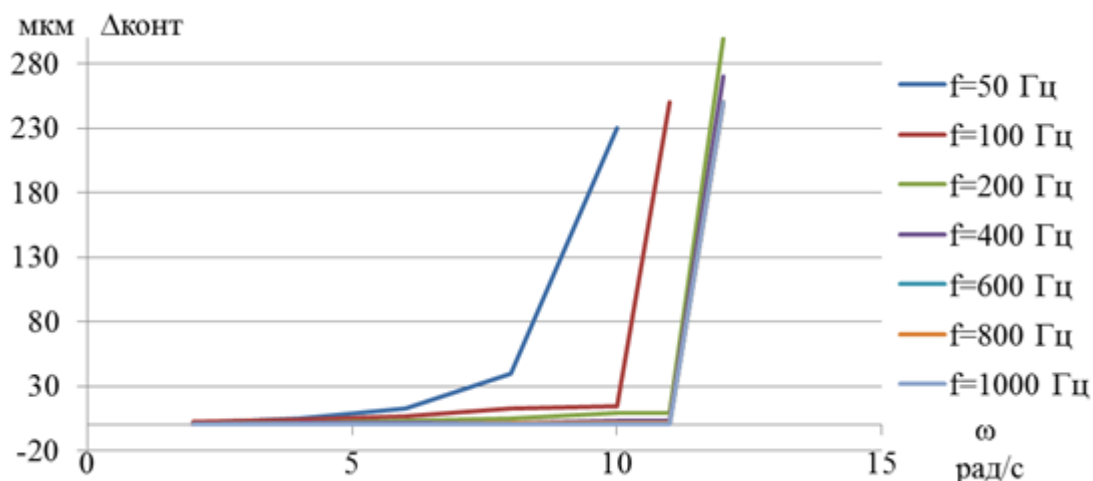


Рис. 3. Семейство характеристик $\Delta_{\text{конт}}(\omega)$, снятых в установившемся режиме при разных значениях частоты квантования

При увеличении круговой частоты, также возрастает значение контурной ошибки, измеренной в установившемся режиме. Это объясняется тем, что двигатель, разогнавшись, не может остановиться мгновенно, имея некую инерционность. Так же увеличивается момент сопротивления механизма. Эти факторы в совокупности влияют на рост контурной ошибки в установившемся режиме.

Исследованы контурные ошибки, измеренные в переходных режимах движения при круговой частоте $\omega = 10\text{с}^{-1}$ от разных частот квантования по времени и по экспериментальным данным построена зависимость $\Delta_{\text{конт}}(f)$, представленная на рис. 4.

При круговой частоте $\omega = 10\text{с}^{-1}$ в переходных режимах движения электропривода на графиках построения траекторий появляются контурные ошибки значительной величины (рис. 4). Это говорит о том, что при увеличении быстродействия задания на положение, в двигателе резко возрастает ток и регуляторы тока и скорости не успевают отработать это задание на оптимальном уровне, в результате появляется перерегулирование, которое не удовлетворяет желаемым показателям качества переходного процесса. Однако, величина этой ошибки уменьшается при увеличении быстродействия системы по времени расчета, т.е. при увеличении частоты квантования.

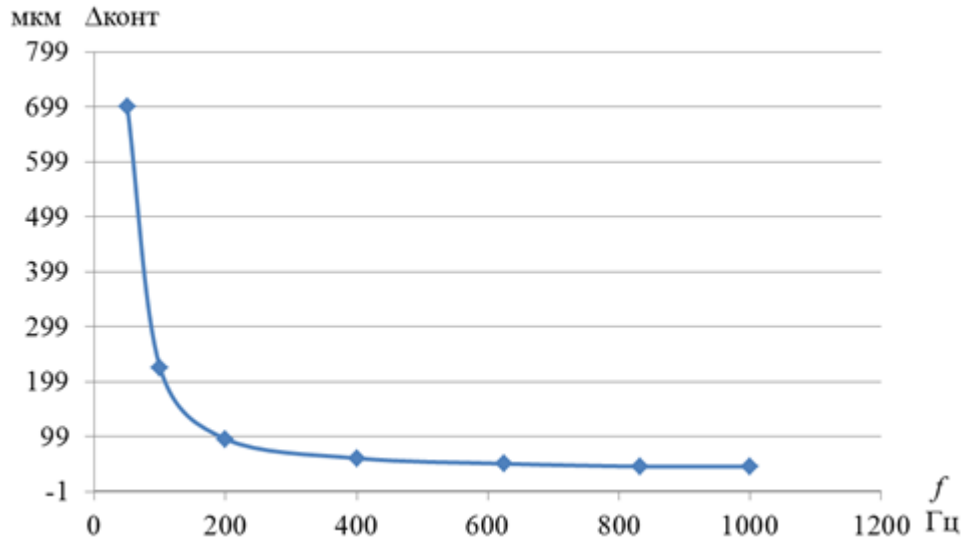


Рис. 4. Зависимость контурной ошибки, снятой в переходном режиме движения электропривода от частоты квантования

Координатная ошибка – это разность между заданной и отработанной координатой привода, измеряется по одной из осей движения станка, либо по обеим осям с целью сравнения их между собой [1]. Контурная и координатная ошибки непосредственно связаны между собой, следовательно, для увеличения качества работы электропривода по точности обработки заданных траекторий движения необходимо добиться минимизации координатных ошибок.

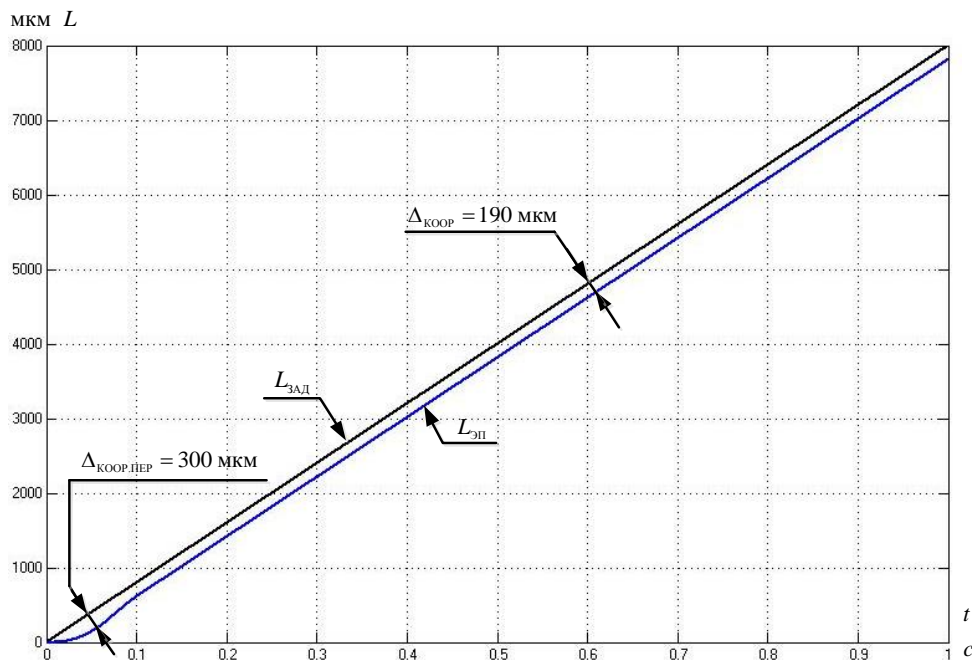


Рис. 5. Траектории движения при линейной интерполяции при интенсивности нарастания $L=8000\text{мкм/с}$ при частоте квантования $f=400\text{Гц}$

Исследования координатных ошибок производились при различной скорости нарастания задания в диапазоне от 100мкм/с до 17000мкм/с при фиксированной частоте квантования по времени 400Гц в режиме линейной интерполяции. На рис. 5 представлена траектория движения СЭП в режиме линейной интерполяции. По результатам экспериментов построены зависимости, представленные на рис. 6.

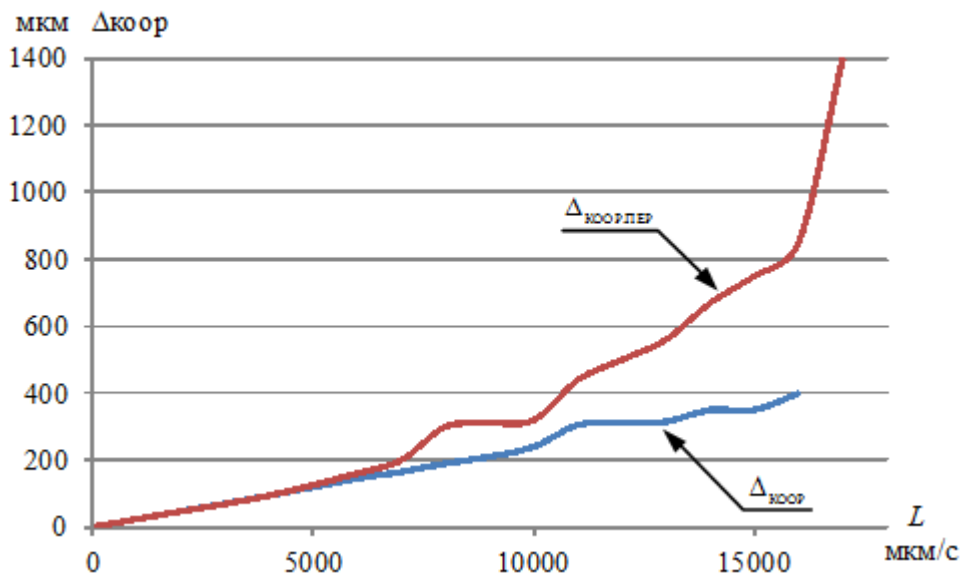


Рис. 6. Зависимость координатной ошибки в установившемся и переходном режимах от интенсивности задания: $\Delta_{\text{коор}}$ – координатная ошибка, снятая в установившемся режиме; $\Delta_{\text{коор. пер}}$ – координатная ошибка, снятая в переходном режиме движения электропривода

С увеличением скорости нарастания задания увеличивается координатная ошибка электропривода. В диапазоне задания скорости нарастания 100мкм/с...4000мкм/с, координатная ошибка, снятая в переходном режиме, равна координатной ошибке снятой в установившемся режиме $\Delta_{\text{коор}}|_{100..4000\text{мкм/с}} = \Delta_{\text{коор.пер}}|_{100..4000\text{мкм/с}}$.

Это говорит о том, что в этом диапазоне интенсивности нарастания задания цифровой контур положения отработывает задания без перерегулирования.

При задании интенсивности нарастания выше 4000мкм/с координатная ошибка в переходном режиме начинает увеличиваться и по величине превосходит координатную ошибку в установившемся режиме. Это говорит о том, что при отработке цифровым контуром задания свыше 4000мкм/с появляется перерегулирование, как следствие имеющейся инерционности у электропривода. Величина этого перерегулирования

увеличивается при увеличении интенсивности нарастания задания, это показывает зависимость на рис. 6.

От 17000мкм/с интенсивности нарастания задания и выше координатная ошибка начинает увеличиваться с течением времени и стремиться к бесконечности, это говорит о том, что система не достигает установившегося значения [2, 3].

Выводы. В ходе исследований проведен анализ контурных и координатных ошибок при воспроизведении траекторий движения на модели цифро-аналогового следящего электропривода в режиме круговой и линейной интерполяции.

Результаты показывают, что в режиме движения при круговой интерполяции должна задаваться оптимальная величина круговой частоты задания. Превышение параметра оптимальности провоцирует появление контурных ошибок значительной величины, как в установившемся режиме, так и в переходном режиме. На уменьшение значений этих ошибок также существенно влияет увеличение частоты квантования контура положения по времени. По результатам экспериментов оптимальная круговая частота задания составила $\omega_k \leq 4$ рад/с, а частота квантования по времени лежит в пределах 100...400Гц.

Координатные ошибки в режиме движения СЭП при линейной интерполяции напрямую зависят от величины интенсивности нарастания задания. Диапазон значений интенсивности нарастания задания, при которой достигается оптимальное быстродействие системы и минимизация координатных ошибок, составляет от 100...4000мкм/с.

Список литературы:

1. Гусев, Н.В. Системы цифрового управления многокоординатными следящими электроприводами: Учебное пособие / Н.В. Гусев, В.Г. Букреев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 213 с.
2. Быковских, П.В. Разработка и исследование электропривода установки лазерного листовых материалов: Магистерская диссертация / П.В. Быковских. – Томск, 2016. – 151 с.
3. Удут, Л.С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 163 с.