

ПОГРЕШНОСТИ ВРЕМЕННЫХ ОЦЕНОК АМПЛИТУДЫ СИГНАЛОВ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ

Попов А.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук Глинченко А.С.

Сибирский федеральный университет

Амплитуда относится к одному из информативных параметров принимаемого гармонического сигнала, по которому с помощью микроконтроллерного измерителя определяются электропроводящие свойства исследуемой среды. Поэтому важным является знание погрешности цифрового измерения амплитуды, основанного на оценках среднеквадратического или средневыпрямленного значений сигнала (СКЗ, СВЗ) по конечному и произвольному числу его выборок.

Целью работы является исследование погрешностей измерения оценок СКЗ, СВЗ в микроконтроллерном измерителе параметров сигналов, выявление зависимостей этих погрешностей от параметров сигнала, нахождение максимальных погрешностей и возможных путей их уменьшения.

Сигнал, поступающий на вход измерителя, показан на рисунке 1. Он описывается следующим выражением:

$$x(n) = X_m \cdot \sin\left[\frac{2\pi}{N} \cdot (k + \alpha) \cdot n + \varphi\right],$$

где X_m - амплитуда сигнала; N - число отсчетов; k - число целых периодов сигнала; α - число неполных периодов сигнала; n - номер выборки; φ - начальная фаза сигнала. Все расчеты будут вестись для $N=128$ и $N=256$, а также $k=2 \div 4$. Вычисления проводятся в программе MathCAD 14.

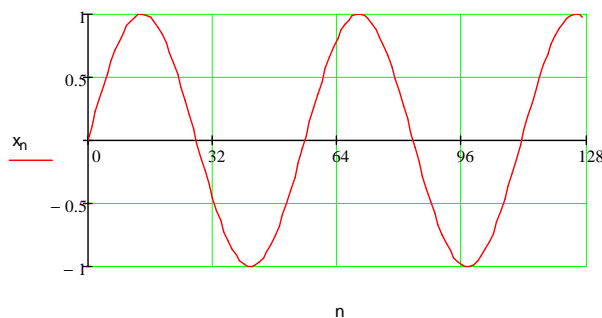


Рисунок 2 - Исходный сигнал

| | |
|---|---|
| $\delta x_{\text{н\ddot{o}a}}(\alpha, k) := \begin{cases} \text{for } n \in 0.. N-1 \\ x_n \leftarrow X_m \cdot \sin\left[\frac{2\pi}{N}(k + \alpha)n + \varphi\right] \\ \delta x_{\text{н\ddot{o}a}} \leftarrow \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} \left(\left x_n \right \cdot \frac{\pi}{2} - 1 \right) \end{cases}$ | $\delta x_{\text{н\ddot{o}e}}(\alpha, k) := \begin{cases} \text{for } n \in 0.. N-1 \\ x_n \leftarrow X_m \cdot \sin\left[\frac{2\pi}{N}(k + \alpha)n + \varphi\right] \\ \delta x_{\text{н\ddot{o}e}} \leftarrow \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n)^2} \cdot \sqrt{2} - 1 \end{cases}$ |
|---|---|

Рисунок 3 - Программы а) и б) погрешностей: а) для средневыпрямленного значения; б) для среднеквадратического значения

На рисунке 2 показаны программы для расчета погрешностей, по этим программам построим зависимости погрешностей измерений от числа неполных периодов сигнала $\alpha = -0,5 \div 0,5$ (шаг α 0,001) при начальной фазе $\varphi = 0$.

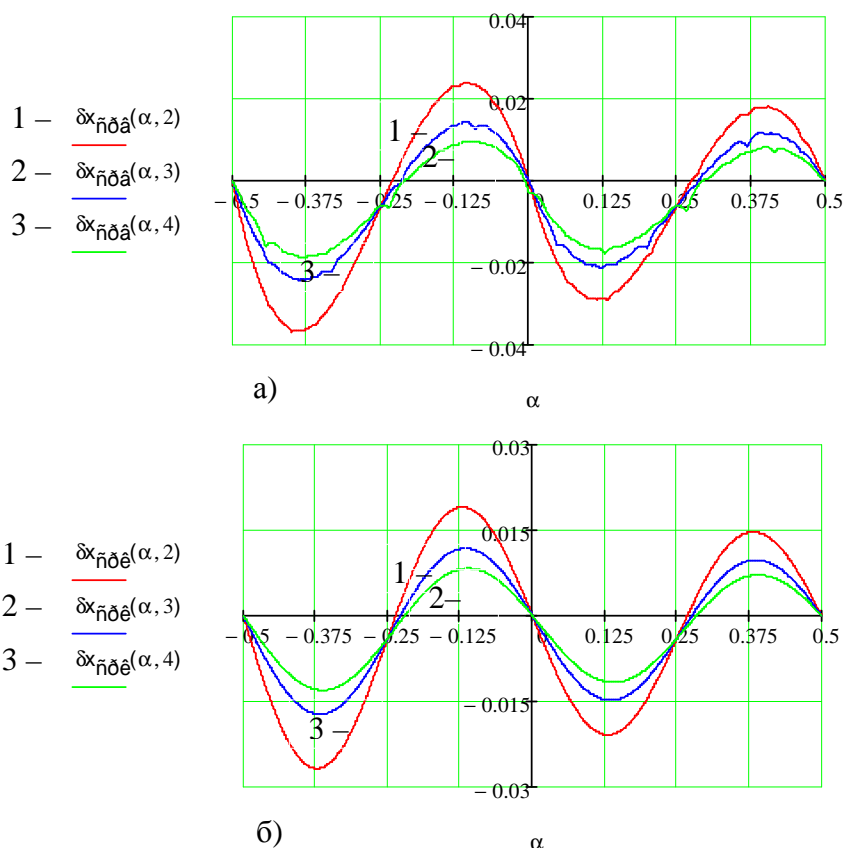


Рисунок 4 - Графики зависимости погрешности измерений от α для числа периодов $k=2,3,4$: а) - для средневывпрямленного; б) - для среднеквадратичного значения.

По построенным зависимостям можно сделать следующие выводы. Графики имеют вид близкий к синусоиде; максимальные погрешности измерений в обоих случаях соответствуют значениям $\alpha = \pm 0.117$ и $\alpha = \pm 0.375$. Погрешности измерений для среднеквадратического значения получились меньше, чем для средневывпрямленного. С увеличением числа периодов сигнала k погрешности измерений уменьшаются в обоих рассматриваемых случаях.

Зависимости погрешностей от начальной фазы построим по программам приведенным на рисунке 2, при этом зададимся $\alpha = -0,25$ и шагом φ $0,1^\circ$. Результаты расчета приведены на рисунке 4.

Отследим характер изменения максимальной погрешности измерений (при $\alpha = -0,25$ и $\varphi = 47^\circ$) от числа полных периодов сигнала. Для этого построим таблицу, в которую сведем значение погрешности для каждого k .

Таблица 1 - Зависимости максимальных погрешностей измерений от k .

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| k | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| СРВ | 0,138 | 0,059 | 0,038 | 0,028 | 0,022 | 0,018 | 0,016 | 0,014 |
| СРК | 0,101 | 0,044 | 0,029 | 0,021 | 0,017 | 0,014 | 0,012 | 0,01 |
| k | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| СРВ | 0,012 | 0,011 | 0,0096 | 0,0086 | 0,008 | 0,0074 | 0,0071 | 0,0065 |
| СРК | 0,009 | 0,008 | 0,0073 | 0,0067 | 0,0062 | 0,0057 | 0,0053 | 0,0049 |

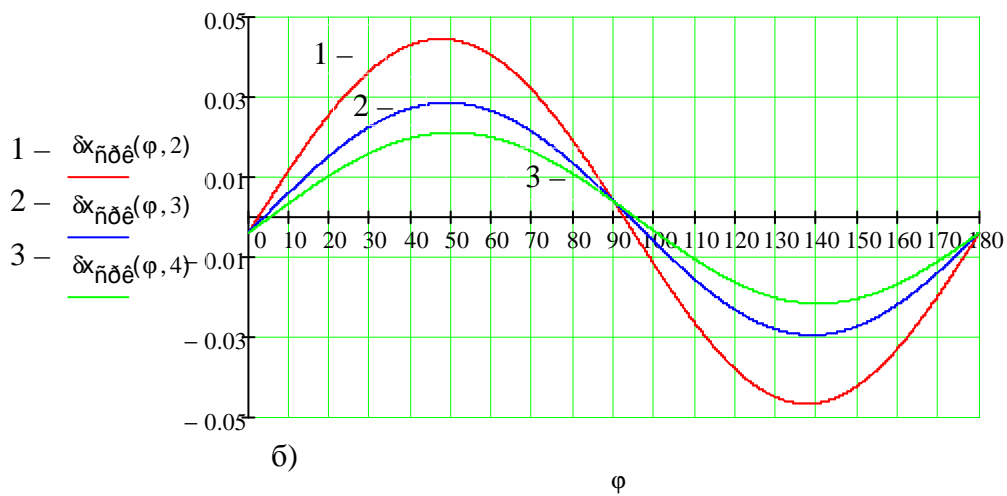
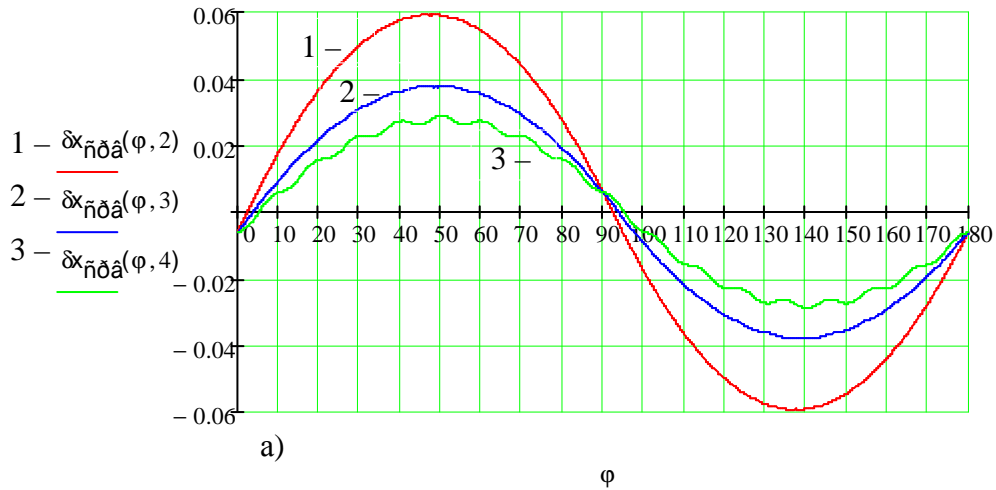


Рисунок 5- Графики зависимости погрешности измерений от φ для числа периодов $k=2,3,4$: а) - для средневывпрямленного; б) - для среднеквадратичного значения.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы. Погрешности измерений зависят от количества отсчетов N , числа периодов сигнала k , начальной фазы сигнал φ , числа неполных периодов a . С увеличением числа отсчетов погрешность практически не меняется, но при увеличении k она монотонно убывает. Погрешность для средневывпрямленного значения больше, чем для среднеквадратичного (примерно в 1,3 раза).

Таким образом, проведенное исследование позволяет обоснованно выбирать способ оценки амплитуды и необходимое число выборок сигнала при проведении реальных измерений. Дальнейшее повышение точности измерений связано с применением весовой обработки и спектральных оценок параметров сигналов.