

## ЕМКОСТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ИНДУКТОСИНА

к.т.н. С.М. Новичонок, к.т.н. О.Б. Никитюк  
(представил д.т.н., проф. Б.Ф. Самойленко)

*Дано уточнение к методике определения емкостной составляющей выходного сигнала индуктосина с учетом угла поворота обмоток индуктосина друг относительно друга.*

**Постановка задачи.** В выходном сигнале индуктосина содержатся составляющие, вызванные его емкостью. Эти составляющие оказывают негативное влияние на выходной сигнал. В связи с этим необходимо как можно точнее определять эти емкости и емкостные составляющие с целью их последующего учета или компенсации.

**Анализ литературы.** Емкости и емкостные составляющие выходного сигнала индуктосина могут быть двух видов: межвитковая и межобмоточная. Как показано в [1] межвитковая составляющая выходного сигнала индуктосина с двухслойной обмоткой будет отсутствовать. При определении емкости и соответственно межобмоточной составляющей выходного сигнала [2] индуктосин считают плоским конденсатором, у которого наличие изоляционного промежутка между витками учитывалось коэффициентом, представляющим собой отношение площади, занятой обмоткой, к площади диска, на котором расположена обмотка. В этих работах считалось, что емкостная составляющая выходного сигнала не зависит от угла поворота ротора относительно статора, что не соответствует действительности. Рекомендации по борьбе с паразитной емкостью, представленные в работе [3], могут считаться справедливыми на частотах до 10000 Гц.

**Цель статьи.** В данной работе предлагается более детальный анализ выражения для определения емкостной связи, полученного в [4].

**Основной материал.** В [3] показано, что коэффициент емкостной связи

$$k(x') = \left( \operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) - \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2} \right) / \left( \operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) + \operatorname{ch} \lambda \ell/2 \right) \quad (1)$$

имеет экстремальное значение при  $x' = \ell/2$ , так как

$$k'(x')|_{x=\ell/2} = \lambda \operatorname{sh} \lambda (x' - \ell/2) \left( \operatorname{ch} \lambda \ell/2 + \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2} \right) / [\operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) + \operatorname{ch} \lambda \ell/2]^2 = 0. \quad (2)$$

В тоже время выражение (1) равно нулю, если

$$\operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) = \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2}. \quad (3)$$

$$\text{При } x' = \ell/2 \quad \operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) \neq \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2}, \quad (4)$$

так как правая часть равна единице только в пределе  $\left( \lim_{\lambda \ell/2 \rightarrow 0} \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2} = 1 \right)$ .

На самом же деле величина  $\lambda \ell/2$  всегда больше нуля, значит в точке  $x' = \ell/2$  выражение (1) имеет отрицательное значение. Очевидно, что неравенство (4) будет тем строже, чем больше будут величины  $\lambda$  и  $\ell$ , т.е. при увеличении, например, длины проводников или частоты питающего тока.

Перепишем (1) в виде уравнения

$$\left( \operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) - \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2} \right) / (\operatorname{ch} \lambda (x' - \ell/2) + \operatorname{ch} \lambda \ell/2) = 0. \quad (5)$$

Разрешим выражение (3) относительно  $x'$

$$x' = \operatorname{arch} \left( \frac{\operatorname{sh} \lambda \ell/2}{\lambda \ell/2} \right) / \lambda + \ell/2. \quad (6)$$

При  $\lambda \ell/2 \rightarrow 0$  выражение (6) будет равно  $\ell/2$ .

Так как аргумент аркакосинуса находится около единицы, а именно в этой области аркакосинус (по модулю) быстро возрастает, то необходимо рассмотреть влияние первого слагаемого из (5) на решение уравнения (5). Для этого примем  $\ell = \text{const}$  и рассмотрим поведение функции (6) относительно  $\lambda$ . Т.к. на промежутке от 0 до  $\infty$  выражение (5) может принимать значения от  $\ell/2$  до бесконечности, ограничимся полезной для наших исследований областью

$$\lambda = \sqrt{4 \operatorname{j} \omega p C_{\text{пр}} \left[ \frac{p^2 \ln R_2 / R_1}{\alpha_0 \gamma \ell} + \operatorname{j} \omega \mu_0 (R_2 - R_1) \frac{p}{\ell} \frac{K(\cos \alpha_0)}{K(\sin \alpha_0)} \right]}.$$

На изменение величины  $\lambda$  (выражение для которой получено в [1]), оказывает наибольшее влияние частота входного тока. При изменении частоты входного тока от 500 до 50000 Гц значение  $\lambda$  меняется от  $1,49 \cdot 10^{-4}$  до 0,013. Значение выражения (6) при изменении  $\lambda$  в указанном диапазоне равно  $\approx 10,9834$  и отличается в пятом знаке. С математической точки зрения это объясняется тем, что аркакосинус быстро изменяет свое поведение

при отходе аргумента от единицы с резкого возрастания на очень плавное. Если мы, например, подставим в выражение (6)  $\lambda$  при частоте 1 МГц (на такой частоте индуктоины вообще не работают), то значение выражения (6) почти не изменится ( $x' \approx 10,9835$ ). В тоже время значение выходного напряжения, обусловленного емкостной связью в точке ( $x' = \ell/2$ ), при изменении частоты от 500 до 50000 Гц, меняется приблизительно от  $2,6 \cdot 10^{-6}$  до  $2,2 \cdot 10^{-4}$ .

Кривые выходного напряжения, обусловленные емкостной связью, представлены на рис. 1.

**Выводы:** Итак, емкостная связь имеет нулевое значение в точке  $x' = 10,9834$ , и в точке симметричной относительно прямой  $x = \ell/2$ ,  $x' = 2,9429$ . Полученные значения  $x'$  соответствуют углам поворота 4,9553 и 1,3277 радиан соответственно.

Т.к.  $\ell$  и  $\lambda$  входят в аргумент аркосинуса одинаково, то можно сказать, что емкостная связь будет отсутствовать на всем диапазоне частот и других параметров, входящих в  $\lambda$ , при полученном значении угла поворота обмоток индуктоина друг относительно друга.

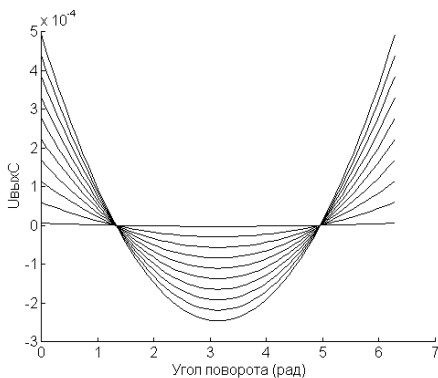


Рис. 1. Кривые выходного напряжения, обусловленного емкостной связью

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонов Л.Н. и др. Прецизионные датчики угла с печатными обмотками. – М.: Машиностроение, 1977. – 210 с.
2. Бычатын Д.А., Гольдман И.Я. Поворотный индуктоин. – Л.: Энергия, 1969. – 246 с.
3. Новичонок С.М., Никитюк О.Б. Методика определения емкостной составляющей выходного сигнала индуктоина // СОИ. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вып. 1(7). – С. 93 – 96.

Поступила 12.02.2004

**НОВИЧОНОК Сергей Михайлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры ХВУ. В 1993 году окончил Харьковское ВВКИУ РВ. Область научных интересов – применение эволюционных алгоритмов в задачах электромагнитного поля.

**НИКИТЮК Олег Борисович**, канд. техн. наук, преподаватель ХВУ. В 1989 году окончил Харьковское ВВКИУ РВ. Область научных интересов – применение задач функций комплексного переменного в измерительных системах.

---