

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 λ и ℓ , 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 λ . Т.к. на промежутке от 0 до ∞ выражение (5) может принимать значения от $\ell/2$ до бесконечности, ограничимся полезной для наших исследований областью

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

На изменение величины λ (выражение для которой получено в [1]), оказывает наибольшее влияние частота входного тока. При изменении частоты входного тока от 500 до 50000 Гц значение λ меняется от $1,49 \cdot 10^{-4}$ до 0,013. Значение выражения (6) при изменении λ 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) λ 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. ℓ и λ входят в аргумент аркосинуса одинаково, то можно сказать, что емкостная связь будет отсутствовать на всем диапазоне частот и других параметров, входящих в λ , при полученном значении угла поворота обмоток индуктоина друг относительно друга.

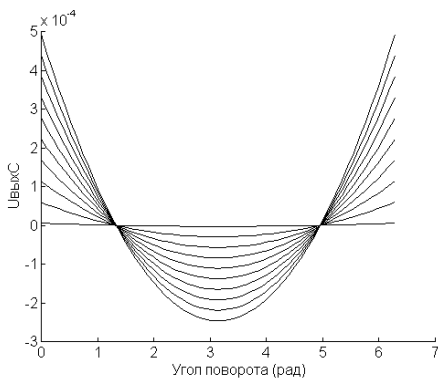


Рис. 1. Кривые выходного напряжения, обусловленного емкостной связью

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.
