

УДК 621.3.018

К ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ЛС-ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСОВ НА ТИРИСТОРАХ

Погудин А.И., Сидо Ш.Н.

Приведены расчет и анализ индуктивно-емкостных формирователей импульсов на тиристорах.

Большие преимущества в повышении надежности формирователей выходных импульсов систем управления вентильных преобразователей дает применение тиристорov, позволяющих обеспечить многократные запасы по предельным параметрам при несущественном увеличении массогабаритных показателей.

Большое распространение получили ЛС-формирователи (рисунок 1), представляющие собой ЛС-генераторы, накапливающие энергию в емкости и разряжающие ее через тиристор и импульсный трансформатор в нагрузку.

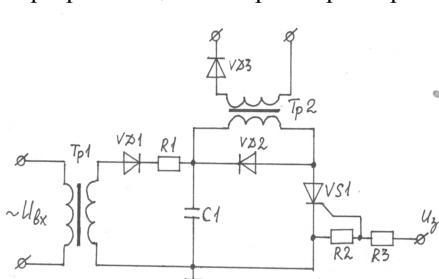


Рисунок 1 – Схема индуктивно-ёмкостного формирователя импульсов на тиристорах

Для решения данного вопроса предлагается следующий метод: выходной импульс считается эквивалентным вписанному в него прямоугольному импульсу с наибольшей площадью. При таком предположении, как будет показано ниже, среднее значение напряжения на нагрузке за время действия импульса практически равно амплитуде вписанного эквивалентного прямоугольного импульса.

На рисунке 2 показан эквивалентный прямоугольный (заштрихован) и входной импульсы индуктивно-емкостного формирователя. Для упрощения дальнейших выкладок пренебрегаем влиянием декремента затухания ЛС-контура (L – индуктивность первичной обмотки импульсного трансформатора, C – емкость накопительного конденсатора) на форму импульса и счи-

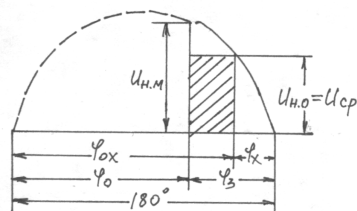


Рисунок 2 – К расчету параметров выходного импульса

таем ее чисто синусоидальной. Это допустимо, так как рассматривается лишь небольшой отрезок времени собственных колебаний LC-контура.

В соответствии с рисунком 2 площадь вписанного прямоугольника

$$S = \pi \frac{\varphi_{OX} - \varphi_O}{180^\circ} \cdot \sin \varphi_{OX},$$

где $\varphi_O = 180^\circ - \varphi$; $\varphi_{OX} = 180^\circ - \varphi_X$.

С учетом значений φ_O и φ_{OX} имеем

$$S = \pi \frac{\varphi - \varphi_X}{180^\circ} \cdot \sin \varphi.$$

Кривые зависимости $S = t(\varphi)$ приведены на рисунке 3. С достаточной степенью точности можно считать

$$\varphi_X = \varphi / 2.$$

Максимальное значение напряжения выходного импульса (рисунок 2) равно

$$U_{H.M.} = U_{H.O} \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_X},$$

или, с учетом $\varphi_X = \varphi / 2$,

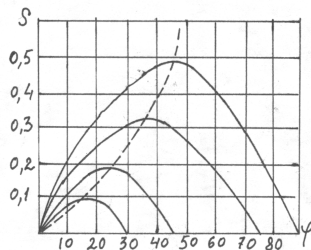


Рисунок 3 - Кривые зависимости $S = f(\varphi)$

$$U_{H.M.} = U_{H.O} \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi / 2} = U_{H.O} \cdot Z.$$

При φ , близких к $\pi / 2$, амплитуда эквивалентного импульса $U_{H.O}$ максимально приближается к $U_{H.M.}$

Среднее значение напряжения выходного импульса равно

$$U_{CP} = \frac{180^\circ U_{H.O}}{\pi \cdot \varphi \cdot \sin \varphi / 2} (1 - \cos \varphi),$$

или, так как $1 - \cos \varphi = \frac{\pi \varphi}{180^\circ} \sin \frac{\varphi}{2}$, то $U_{CP} \approx U_{H.O}$. (1)

Максимальное значение тока нагрузки R_H составляет

$$I_{H.M.} = \frac{U_{H.M.}}{R_H} = Z \frac{U_{H.O}}{R_H}$$

Длительность основания формируемого импульса составляет

$$\tau_0 = 2 \frac{\pi \Phi_X}{180^\circ \omega} = 2\tau_U, \quad (2)$$

где ω – частота собственных колебаний в LC-контуре; τ_U – длительность эквивалентного импульса.

Энергетический баланс имеет место при выполнении условия

$$\beta \frac{CU_C^2}{2} = \tau_O \frac{U_{CP}^2}{R_H},$$

или, с учетом (1) и (2),

$$\beta \frac{CU_C^2}{2} = 2\tau_U \frac{U_{H.O}^2}{R_H}, \quad (3)$$

где β – коэффициент, учитывающий необходимый запас энергии накопительного конденсатора C на весь переходный процесс свободно затухающих колебаний в LC-контуре; U_C – напряжение накопительного конденсатора.

Величина β определяется из отношения площади выходного импульса S_O к сумме площадей полувольт, ограниченных кривой свободно затухающего процесса

$$\beta = \frac{S_O}{\sum_{i=0}^{\infty} S_i}.$$

Вычисление β аналитически и экспериментально показывает, что с достаточной для практики точностью можно полагать $\beta \approx 0,1 - 0,25$.

Из (3) требуемая величина напряжения накопительного конденсатора

$$U_C = 2 \cdot U_{H.O} \sqrt{\frac{\tau_U}{\beta C \cdot R_H}}. \quad (4)$$

Величина коэффициента трансформации

$$n = \frac{U_{H.M}}{U_C}. \quad (5)$$

С учетом (2) угловая частота LC-контра

$$\omega = \frac{\pi \Phi}{360^\circ \cdot \tau_U}. \quad (6)$$

С другой стороны, угловая частота LC-контра определяется по формуле

$$\omega = \frac{tg\Phi}{2R'_H C}, \quad (7)$$

где $R'_H = \frac{R_H}{n^2}$ – приведенное сопротивление нагрузки.

Приравняв правые части равенств (6) и (7), получаем

$$Y = \frac{R'_H C}{\tau_U} = \frac{180^\circ \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\pi \varphi}, \quad (8)$$

где Y – вспомогательная функция обеспечивающая согласование величин R_H , C , τ_U , φ , полученных при расчетах переходного процесса и параметров выходного импульса.

График функции $Y = f(\varphi)$ изображен на рисунке 4 (кривая 2).

Выделяя из (5) U_C и подставляя в (4) с учетом (8), получим $U_{H.M} = 2U_{H.O} \frac{1}{\sqrt{\beta \cdot Y}}$. Рассмотренный метод оценки параметров выходных импульсов и колебательного контура повышает точность и упрощает процесс расчета индуктивно-емкостных формирователей импульсов.

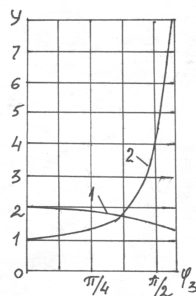


Рисунок 4 – График функций $Z=f(\varphi)$, $Y=f(\varphi)$

Библиография

1 Дудченко И.И. Система импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями с высокой степенью симметрии управляющих импульсов / И.И. Дудченко, Г.А. Магазинчик. // Электротехн. пром-сть. Сер. Преобразовательная техника. — 1968. — Вып. 300. — С. 11–13.

Поступила в редакцию 10.10.2000 г.