

МОДЕЛИ НА ВИСОКОВОЛТОВИ СМУЩАВАЩИ ИМПУЛСИ

MODELS OF HIGHVOLTAGE INTERFERENTIAL IMPULSES

Климент Николаев Ангелов
Технически университет - София

Abstract

In this study a survey of mathematic models of highvoltage interferential impulses has been made. The models can be used for simulation of the influence of these impulses on communication systems. A comparison between author proposed and other model of impulses has also been made.

Keywords: LEMP; Current Waveform, Lightning Protection.

ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемът със защитата на комуникационното оборудване [1] от евентуални поражения, породени от попадения на мълнии или електростатични разряди изисква голямо внимание. Това е обусловено и от факта, че в днешното високотехнологично време се разчита изключително на многобройни компютърни системи, които управляват множество процеси, някои от които от изключителна важност, като банковата дейност, управлението на транспорта, индустриалните процеси и др.

От тази гледна точка е необходимо да се спазват известните стандарти, както и да се усъвършенстват. Това би могло да стане чрез намирането на по-добри модели за симулиране на процесите, протичащи при поява на високоволтови смущаващи импулси в комуникационните системи.

В настоящата работа е представен математически модел за симулация на високоволтови импулси, съобразени със стандартите на IEC [2], [3].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Високоволтовите смущаващи импулси се характеризират с много стръмен изкачващ фронт и плавнозатихващ заден фронт на тока във времето. Приети са стандарти за различните видове последствия от попадения на мълнии, които уточняват във вре-

мето продължителността на тези фронтове и амплитудната стойност на тока. Това са:

- 200 kA, - 10/350 μ s – за първото положително и отрицателно директно попадение от мълнията към земята;
- 50 kA, 0,25/100 μ s – за последващи попадения;
- 400 A, 0,5 s – за продължително протичащ ток;

За математически модели, описващи формите на импулсите се използват експоненциални зависимости. В работата [4] се цитира следната формула:

$$I(t) = I_m k (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}), \quad (1)$$

където:

$I(t)$ – текущата стойност на тока;

I_m – амплитудната стойност на тока;

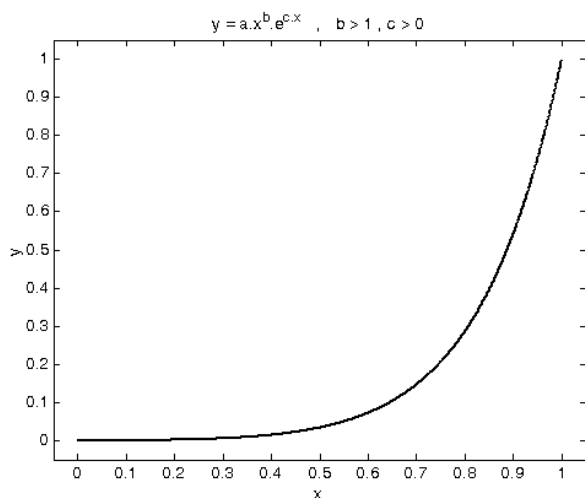
k – нормиращ (мащабиращ по амплитуда) коефициент.

Формата на кривата се определя от стойностите на коефициентите α и β .

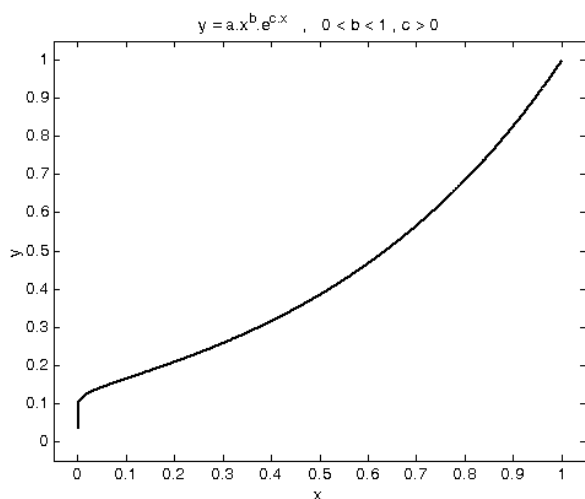
При настоящите числени изследвания е направен опит да бъде използвана степенно-експоненциална функция от вида [5]:

$$y = a \cdot x^b \cdot e^{c \cdot x} \quad (2)$$

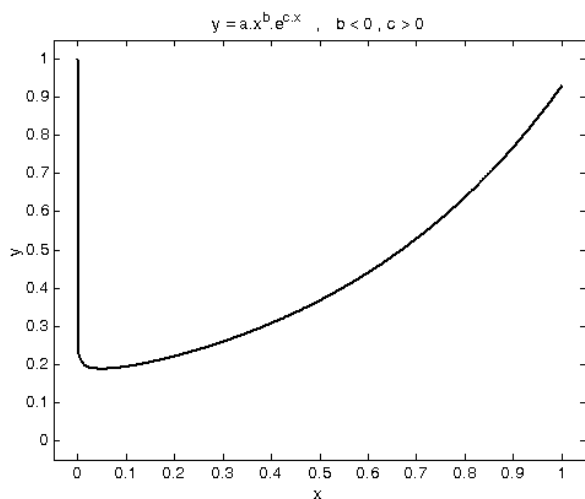
На следващите шест фигури са показани в графичен вид различните решения на зависимостта (2) в зависимост от стойностите на коефициентите **b** и **c**.



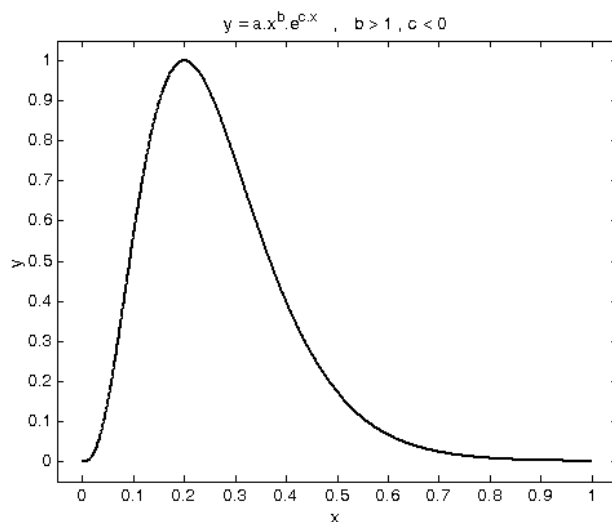
Фиг. 1. За стойности $b \geq 1, c > 0$.



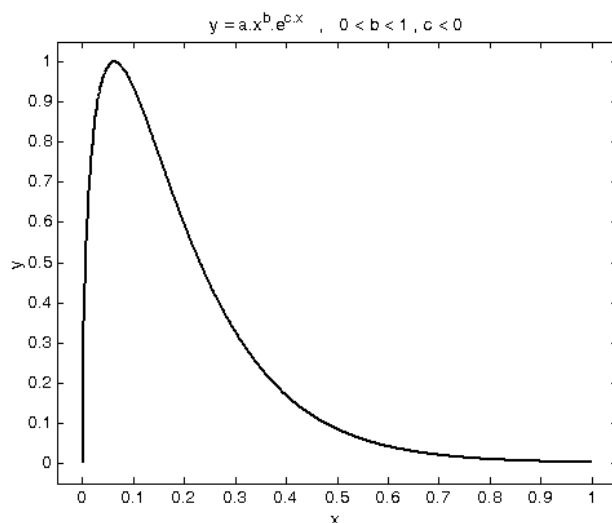
Фиг. 2. За стойности $0 < b < 1, c > 0$.



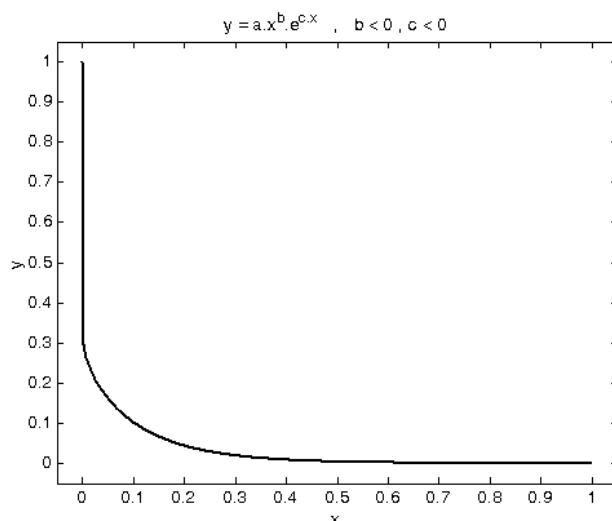
Фиг. 3. За стойности $b < 0, c > 0$.



Фиг. 4. За стойности $b \geq 1, c < 0$.



Фиг. 5. За стойности $0 < b < 1, c < 0$.



Фиг. 6. За стойности $b < 0, c < 0$.

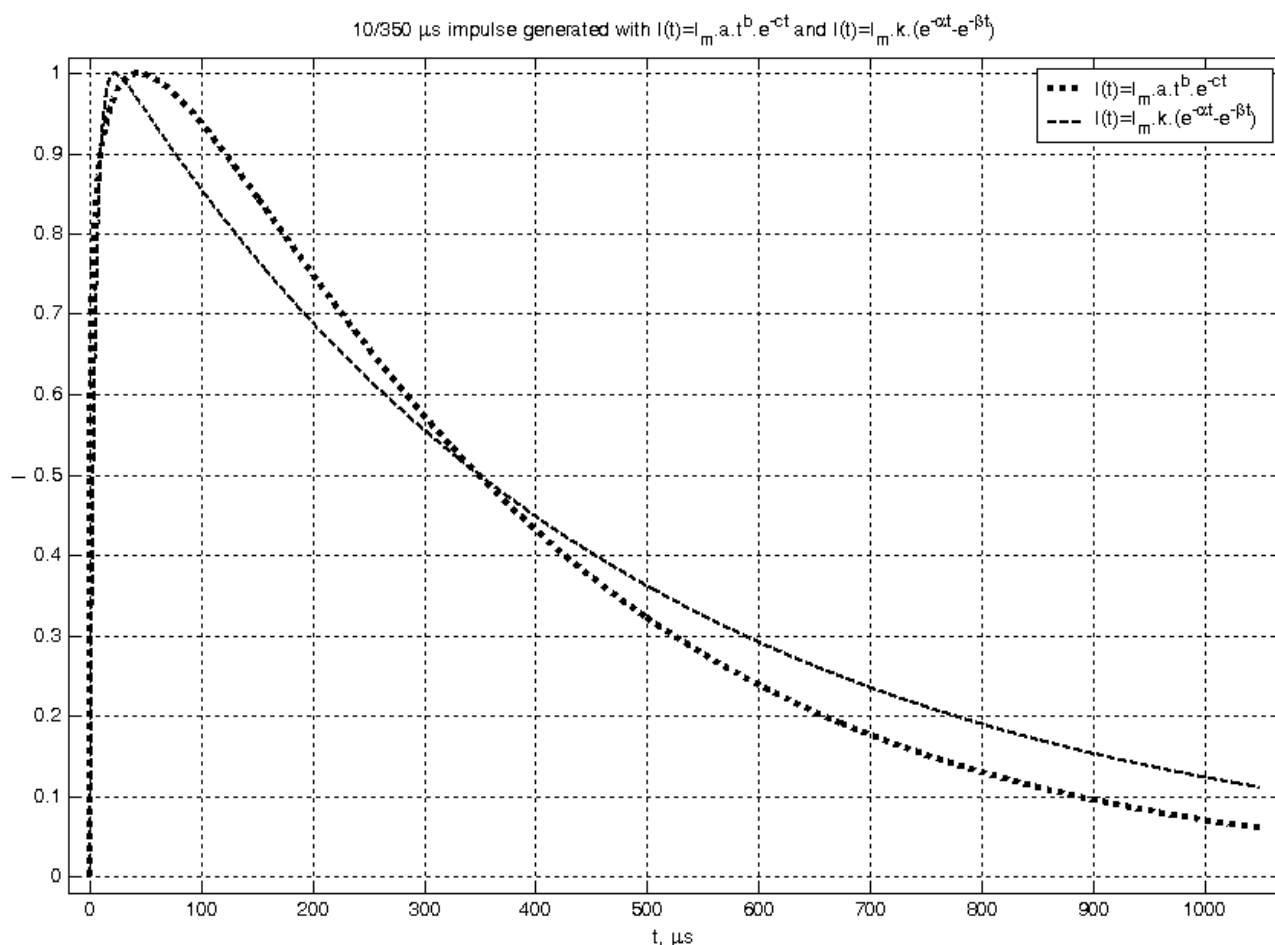
Забелязва се, че формата на кривата в случаите, при които $0 < b < 1, b \geq 1$ и $c < 0$, описва

достатъчно добре характера на високоволтовите смущаващи импулси, като осигурява стръмно изкачващ се преден фронт и плавно-затихващ заден. Формула (2) може да бъде записана като:

$$I(t) = I_m \cdot a \cdot t^b \cdot e^{-c \cdot t} \quad (3)$$

Направено е сравнително изследване за качеството на моделите (1) и (3), като са подбрани съответните коефициенти α и β , както и b и c , при които формите на криви-

те отговарят на импулси 10/350 μ s. Стойностите на коефициентите k и a се определят по такъв начин, че максималната стойност на двете функции да бъде равна на 1. Извършвайки това нормиране става възможно двете криви да бъдат сравнявани в една координатна система и при еднакви мащаби. В таблица №1 са поместени стойностите на коефициентите за двата модела, а на фиг.7 са показани графичните изображения. Вижда се, че и двете криви удовлетворяват достатъчно задоволително изискванията, поставени към характера на импулса.



Фиг. 7. Сравнително представяне на кривите, получени с помощта на двата модела (1) и (3).

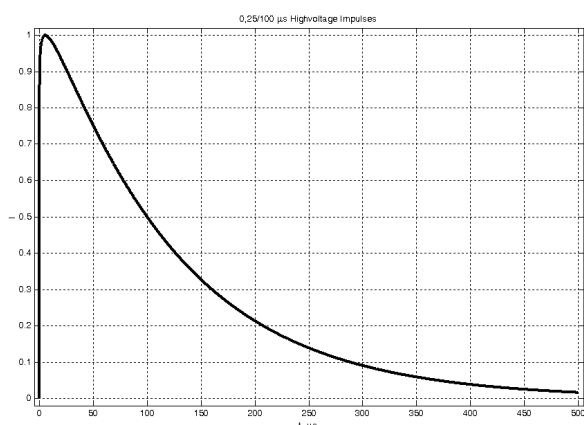
Табл. №1

	10/350 μ s	0,25/100 μ s	8/20 μ s
k	1,06060	-	-
α	0,00215	-	-
β	0,20500	-	-
a	0,66650	0,96710	0,02220
b	0,14500	0,04800	2,78000
c	0,00325	0,00880	0,26000

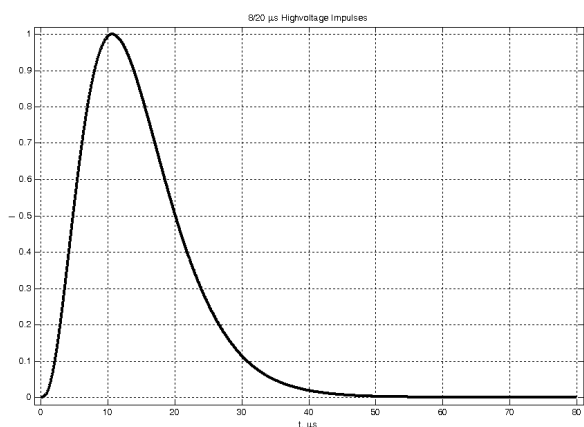
Забелязват се и известни различия. Например моделът по зависимостта (1) има забележимо по-рязък преход от стръмния участък на изкачване на импулса към плавно-затихващ преход. Освен това, инфлексната точка след максимума при зависимостта (1) е твърде близо до него, докато при зависимостта (3) тази инфлексна точка

е изместена във времето надясно от максимума. Физически това означава, че за модела (3) в зоната на максимума се концентрира повече енергия, сравнително с модела (1). Тази локална енергия, концентрирана около максималната стойност е за сметка на намалената енергия в затихващия клон на кривата, като това води до по-бързо разреждане на импулса във времето.

Чрез промяна на стойностите на коефициентите **a**, **b** и **c** в модела (3) става възможно да бъдат получени и формите на кривите на тока, съответстващи на стандартите 0,25/100 μs и 8/20 μs , които са възприети съответно за описание на въздействието за последващи директни попадения, както и при индиректно попадение на мълния. На фиг. 8 е показан графичният вид на зависимостта за случая 0,25/100 μs , а на фиг. 9 – за 8/20 μs . В таблица №1 са поместени и стойностите на съответните коефициенти.



Фиг. 8. Крива на импулс 0,25/100 μs , получена с помощта на модела (3).



Фиг. 9. Крива на импулс 8/20 μs , получена с помощта на модела (3).

При опит за постигането на подобна апроксимация с помощта на модела (1) не беше получен положителен резултат.

Поради факта, че само с промяна на коефициентите **a**, **b** и **c** в модела (3) става възможно да бъде получена формата на кривите на тока, съответстващи на стандартите 10/350 μs , 0,25/100 μs и 8/20 μs , може да се направи заключение, че моделът (3) може да описва множество импулси, което би могло да бъде използвано за генерирането им при отчитане на стохастичния характер на реалните физически импулси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От изложеното дотук може да бъдат формулирани следните изводи:

- Предложената зависимост (3) описва достатъчно добре вида на смущаващия импулс според различните изисквания на стандарта;
- Кривите, получени по модела (3) се постигат само с изменение на коефициентите за различните стандарти;
- Целесъобразно е изследванията да бъдат продължени в насока на използването на модела (3) за описание на множество различни по вид импулси, неупоменати в стандартите, които да отразяват стохастичния характер на реалните физически явления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hasse P., Overvoltage protection of low voltage systems, The Institution of Electrical Engineers, London, 2000.
- [2] IEC 60060, High-voltage test techniques.
- [3] IEC 61312, Protection against LEMP.
- [4] Maceika K., Lightning Protection of Electronic Data Processing Systems, Scientific Proceedings of RTU. Series 7. Telecommunications and Electronics, 2003, vol.3.
- [5] Каменов О., Висша математика, Част I, Издателство "Ciela", София, 2001.
- [6] MATLAB IMAGE PROCESSING TOOLBOX. User's Guide, "The Math - Works Inc.", 2010. www.mathworks.com

За автора:

Маг. инж. Климент Николаев Ангелов е асистент в катедра Радиокомуникации и видеотехнологии в Технически университет – София. За контакти: kna@tu-sofia.bg