



ANALYSE DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES NON- LINÉAIRES EN RÉGIME TRANSITOIRE PAR LA MÉTHODE DES INTERVALLES CONSECUTIFS À CORRECTION

Arhip POTÂNG, Mihail CHIORSAC, Ghenadie TERTEA

e-mail: ghenatc@mail.ru

Abstract – L'idée de base de cet oeuvre est l'application de la méthode des intervalles consécutifs à correction pour la solution des circuits électriques non linéaires en régime transitoire.

Mots clés: *élément non linéaire, équation différentielle, méthode approximative, méthode de l'intégration graphique, méthode de la variation de l'amplitude, méthode des intervalles consécutifs, correction, processus transitoire, commutation.*

1. INTRODUCTION

A l'étude des circuits électriques non - linéaires on ne peut pas appliquer les méthodes d'électrotechnique linéaire basées sur le principe de superposition. Le principe de superposition admet d'effectuer la solution compliquée des équations en forme de la solution combinée par des solutions des équations plus simples.

Le calcul des processus transitoires dans les circuits électriques linéaires consiste en solution des équations différentielles linéaires. La réaction du circuit électrique peut être déterminée comme la somme de deux composantes: composante forcée et composante libre. Dans ce cas la composante forcée de la grandeur cherchée variera suivant la loi de la tension appliquée.

Dans le circuit électrique non-linéaire on ne peut pas diviser la grandeur cherchée en deux composantes et donc on ne peut pas appliquer la méthode de superposition.

2. GÉNÉRATION

Les processus transitoires dans les circuits électriques non linéaires ont un caractère plus compliqué que dans les circuits linéaires puisque le caractère non - linéaire de la caractéristique de l'élément du circuit influence beaucoup sur le processus transitoire. Autrement dit le caractère non linéaire de la caractéristique influence sur le processus transitoire, sur la vitesse de la variation de la grandeur cherchée. Les processus transitoires dans les circuits électriques non linéaires sont décrits par des équations différentielles non- linéaires dont leur solution ne

peut pas être effectuée par une méthode générale analytique.

Le problème de l'étude du circuit non- linéaires peut être divisé en deux étapes:

1. On établit l'équation différentielle du circuit.
2. On résolve l'équation différentielle.

La solution de l'équation différentielle non - linéaire présente des difficultés qui sont directement en fonction de nombre d'éléments non- linéaires du circuit.

En pratique, le calcul des processus transitoires dans les circuits électriques s'effectue par l'application des méthodes approximatives: analytique, graphique-analytique.

Parmi les méthodes plus appliquées on peut citer:

- méthode de l'intégration graphique;
- méthode de la variation de l'amplitude;
- méthode des intervalles consécutifs;
- méthode de la linéarisation de la caractéristique non- linéaire.

Les méthodes énumérées peuvent être appliquées à l'analyse des circuits électriques non- linéaires comprenant un seul élément non- linéaire. L'analyse du circuit électrique comprenant deux ou plus des éléments non- linéaires est très compliquée.

Dans cet oeuvre on a mis le problème du calcul du circuit électrique comprenant trois éléments non- linéaires reliés mixte (série parallèle). Au calcul des grandeurs du circuit en régime transitoire on a appliquée la méthode des intervalles consécutifs à correction.

3. ALGORITHME DE LA METHODE PROPOSEE

La méthode proposée consiste en substituant des équations différentielles par les équations algébriques. En substituant la dérivée par le rapport à deux grandeurs infiniment petites on obtient une solution approximative et ainsi on a divisée la durée du temps du processus transitoire en intervalles consécutifs petits et égaux à Δt . Le calcul s'effectue pas à pas par la croissance de la durée du temps. A chaque pas on effectue la correction par l'application de la valeur initiale donnée. Comme valeur initiale donnée on peut appliquer la tension aux bornes du condensateur ou l'intensité du courant dans l'inductance.

A la démonstration de le méthode proposée on a pris un circuit électrique à trois éléments connectés mixte ainsi que le condensateur non- linéaire est connecté en série avec une résistance active linéaire et parallèlement ave une branche comprenant une inductance non- linéaire connectée en série avec une autre résistance active linéaire. Dans la partie non-ramifiée on a pris une résistance active non- linéaire, (fig.1).

Ayant données $e(t)$, $\psi(t)$, $q(u)$, $u_r(i)$ (fig. 3, 4, 5), la structure du circuit et l'intervalle pour $\Delta t=10^{-3}$, s on a appliquée la procédure suivante:

-pour $t=0$ on détermine $e(0)$ et on considère donnée $u_c(0)$; $i_L(0)$

-en appliquant la caractéristique $q(u_c)$ (fig.5) on détermine q_0 , après on détermine $i_2=2 \Delta q/\Delta t$

-ayan i_2 on détermine la tension aux bornes des branches reliées parallèlement, $u_{ab}=i_2 \cdot r_2 + u_c(0)$.

-on détermine la chute de tension sur la résistance active non- linéaire de la partie non- ramifiée, $u_r(i)=e-u_{ab}$.

-en appliquant la caractéristique de la résistance non- linéaire $u_r(i)$ (fig.3) et la caractéristique de la droite déterminée par la relation

$$u_r(0) + i(0) \cdot r_2 = e(0) - u_c(0) + i_2(0) \cdot r_2$$

on trouve le point de l'intersection de deux caractéristiques. Du point de l'intersection on détermine les valeurs respectives $i(0)$ et $u_r(0)$ (fig.2) ;

-en appliquant l'expression $[i(0)-i_2(0)]$ on détermine $i_1(0)$;

-en appliquant la caractéristique $\psi(i_1)$ on détermine ψ_0 , après on trouve $\Delta\psi = \psi - \psi_0$

$$\text{et puis on trouve } \Psi'_0 = 2 \frac{\Delta\Psi}{\Delta t} - \Psi_0$$

-A la fin de cette procédure on détermine de nouveau $U_{ab} = \Psi' + i_1 \cdot r_1$

Et après on détermine

$$U_c = U_{ab} - i_2 \cdot r_2$$

Ayant obtenue la valeur u_c on effectue la comparaison de u_c avec la valeur donnée, $u_c(0)$. Si au résultant du calcul les valeurs coïncident on considère que la procédure est terminée, en cas contraire on répète la procédure. Les résultants des calculs sont introduits dans le tableau 1.

4. Exemple de calcul par la méthode des intervalles consécutifs à correction

Les données pour le circuit électrique de la fig.1 sont:

$$e(t) = 141 \sin(\omega t + 45^\circ). V$$

$$\omega = 314, s^{-1}$$

$$r_1 = r_2 = 10, \Omega$$

$$u_r(i), \psi(i), q(u_c)$$

La correction a été appliquée par rapport à la tension aux bornes du condensateur. Initialement on considère connues $i_L(0)$ et $u_c(0)$ conformément aux lois de la commutation.

A la détermination des valeurs $i(0)$ et $u_r(0)$ on applique les équations établies pour le circuit considéré après la commutation, pour $t=0$.

Selon les lois de Kirchhoff, on a

$$\begin{cases} i(0) = i_1(0) + i_2(0) & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_r(0) + i_1(0) \cdot r_1 + L \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=0} = e(0) & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_r(0) + i_1(0) \cdot r_2 + U_c(0) = e(0) & (3) \end{cases}$$

De l'équation (1), on a $i_2(0) = i(0) - i_1(0)$.

En introduisant l'expression du $i_2(0)$ dans l'équation (3), on a

$$D'où \quad u_r(0) + [i(0) - i_1(0)] \cdot r_2 + u_c(0) = e(0),$$

$$u_r(0) + i(0) \cdot r_2 = e(0) - u_c(0) + i_1(0) \cdot r_2$$

Si on considère pour $t=0$,

$$u_c(0) = 50, V, \quad e(0) = 100, V.$$

On obtient: $u_r(0) + i(0) \cdot r_2 = 10$

La dernière expression correspond à la caractéristique d'une droite avec $tg\alpha = 10$, (fig.2). Le point d'intersection des caractéristiques caractérise les valeurs $u_r(0)$ et $i(0)$. Les résultats sont introduits dans le tableau 1.

5. Résultats de calcul

Les résultats de calcul sont introduits dans le tableau 1. Pour les calculs on a prit le pas $\Delta t = 10^{-3}$, s

$$\text{Ou } \psi' = \frac{2\Delta\psi - \psi_{init} \cdot \Delta t}{\Delta t} \rightarrow U_L = \frac{\Delta\psi}{\Delta t} + i_L \cdot r_1$$

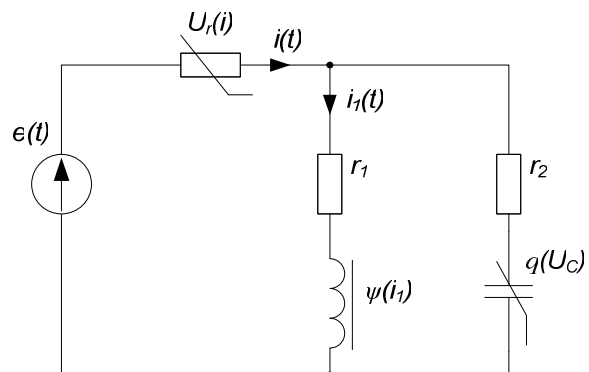


Fig.1.

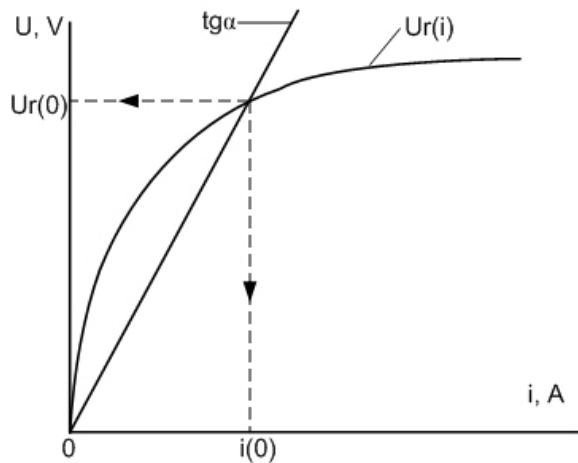


Fig.2.

D'après les résultats obtenus on a construit la dépendance $u_C(t)$ (fig.6)

6. Conclusions

1. L'analyse des circuits électriques non-linéaires en régime transitoire se complique à la croissance du nombre d'éléments non-linéaires.
2. La méthode des intervalles consécutifs à correction par rapport à la tension aux bornes du condensateur permet de effectuer l'analyse des circuits électriques non-linéaires en régime transitoire.
3. La durée de l'intervalle du temps du calcul dépend des valeurs initiales prises connues, $u_C(0)$ et $i_L(0)$.
4. Les résultats du tableau 1 permettent de construire les caractéristiques $i=f(t)$, $i_L=f(t)$, $i_C=f(t)$, $u_L=f(t)$, $u_C=f(t)$.
5. Ayant les caractéristiques obtenues on peut analyser les processus qui ont lieu dans le circuit donné au régime transitoire.
6. La méthode proposée possède des inconvénients liés au choix des valeurs initiales, $u_C(0)$ et $i_L(0)$.

Bibliographie

- [1] G.I. Atabecov et autres. *Teoreticheskie osnovi elektrotehniki*. M. Anergia, 1980.
- [2] E. Filipov. *Electrotechnique non-linéaire*. M. Anergia, 1968.
- [3] V. Hiuz. *Circuits électriques non-linéaires*. M. Anergia, 1967.

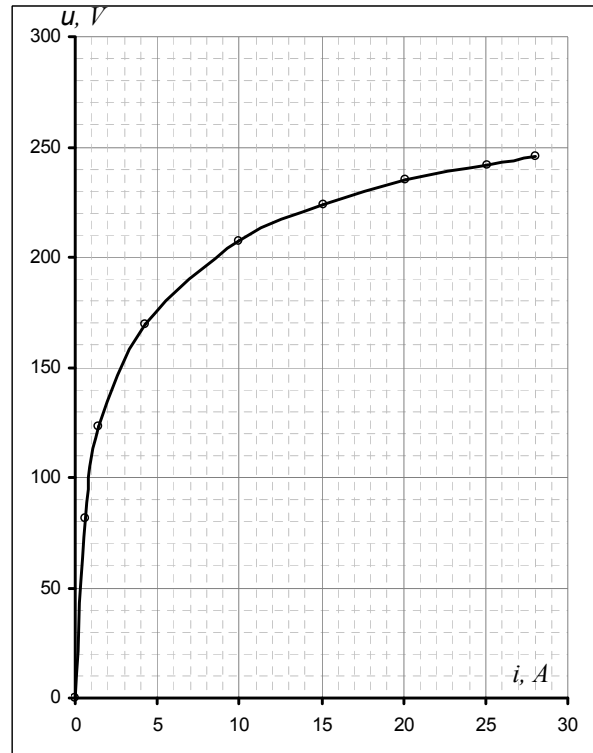


Fig.3.

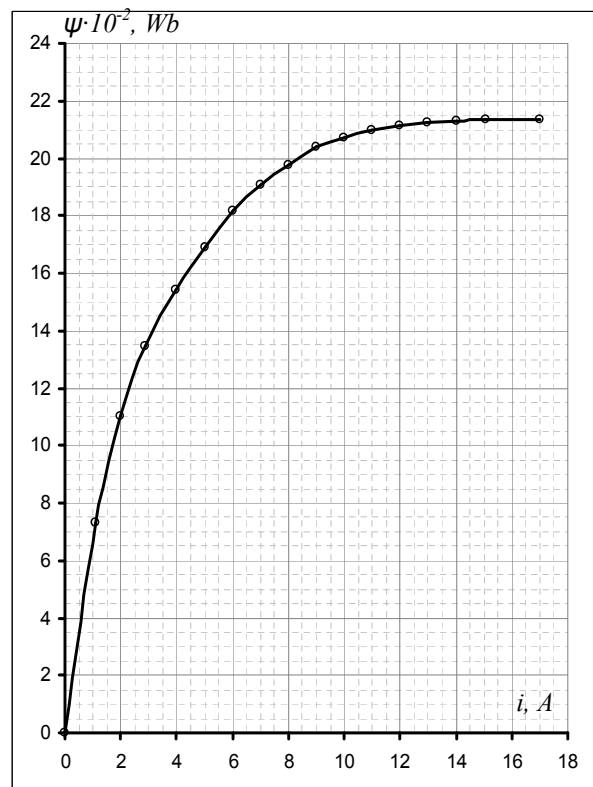


Fig.4.

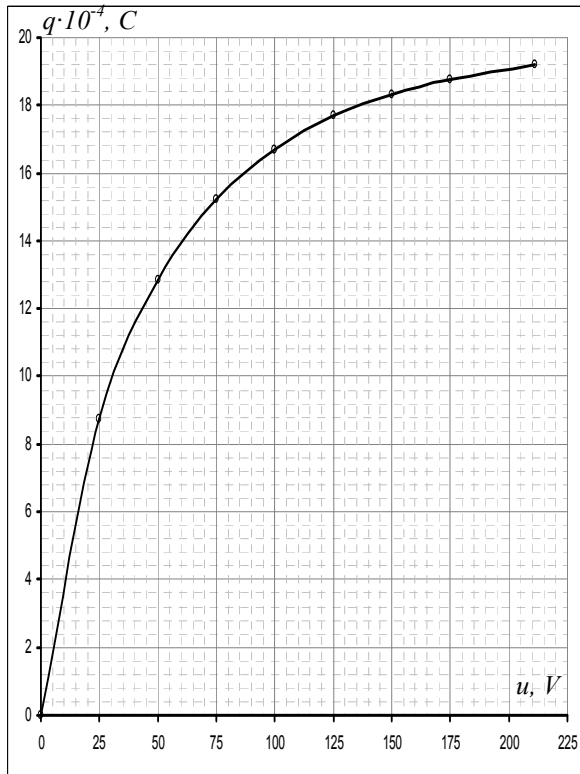


Fig.5.

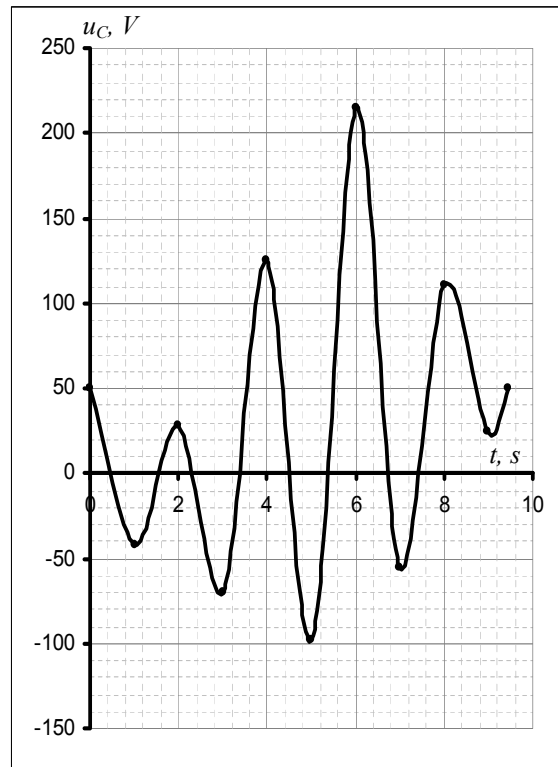


Fig.6.

Tableau 1

Grand eurs	Temps		0	10 ⁻³	2*10 ⁻³	3*10 ⁻³	4*10 ⁻³	...10*10 ⁻³
	Rélation	10 ⁻³						
$\Delta t, s$	10^{-3}		0	1	2	3	4	...
e, v	$e(t)$		100	138.16	52.73	-80	-141	...
u_C, V	$u_C(t)$		50	20.3	28.1	-70.3	125.1	...
q, C	$q(u_C)$		0.05	0.03	0.04	-0.28	2	...
$\Delta q, C$	$q - q_0 = \Delta q$		0.05	0.025	0.02	-0.305	2.305	...
i_2, A	$2 \frac{\Delta q}{\Delta t} - i_C(0)$		0.01	0.01	0.04	-0.65	5.26	...
u_{ab}, V	$i_2 r_2 + u_C$		50.1	20.4	28.5	-76.8	177.7	...
u_r, V	$e - u_{ab}$		49.9	117.76	24.23	-3.2	-318.7	...
i_r, A	$u_r(i)$		0.4	1.58	0.2	-0.04	8.6	...
i_L, A	$i_L = i - i_2$		0.39	1.57	0.16	0.61	3.34	...
Ψ, Wb	$\Psi(i_L)$		0.825	0.97	0.675	0.88	1.0	...
$\Delta \Psi, Wb$	$\Psi - \Psi_0$		0.825	0.145	0.295	0.205	0.795	...
u_L', V	$2 \frac{\Delta \Psi}{\Delta t} - \psi'_{in it}$		16.5	12.5	-71.5	112.5	128.4	...
u_{ab}, V	$\Psi' + i_1 r_1$		20.4	28.2	-69.9	118.6	161.8	...
u_C, V	$u_{ab} - i_2 r_2$		20.3	28.1	-70.3	125.1	109.2	...