

Aplikace matematiky

Daniel Mayer; Stanislav Kořínek; Mojmír Lindaur

Analýza elektrického obvodu v přechodném stavu pomocí samočinného číslicového počítače

Aplikace matematiky, Vol. 12 (1967), No. 1, 30–39

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/103064>

Terms of use:

© Institute of Mathematics AS CR, 1967

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

ANALÝZA ELEKTRICKÉHO OBVODU V PŘECHODNÉM STAVU POMOCÍ SAMOČINNÉHO ČÍSLICOVÉHO POČÍTAČE

DANIEL MAYER, STANISLAV KOŘÍNEK, MOJMÍR LINDAUR

(Došlo dne 20. října 1965.)

1. ÚVOD

Přechodný jev v lineárním elektrickém obvodu je popsán soustavou lineárních diferenciálních, případně integrodiferenciálních rovnic s konstantními reálnými koeficienty. U obvodů s prostorově soustředěnými prvky jsou proudy a napětí jen funkcemi času a tedy příslušné rovnice budou obyčejné, kdežto v obvodech s prostorově rozloženými prvky lze přechodné jevy popsat jen rovnicemi parciálními.

Omezíme se na obvody s prostorově soustředěnými prvky. Nejobtížnější numerickou operací při klasické či operátorové metodě integrace této soustavy rovnic je řešení příslušné algebraické rovnice. I u jednodušších obvodů může dosáhnout stupeň této rovnice vysokých hodnot a tedy k určení jejich kořenů bude účelné použít samočinný počítač. Z hlediska programátorského jeví se však vhodnější jiný postup, totiž přímé řešení soustavy rovnic některou numerickou metodou. Takto lze poměrně rychle určit hodnoty přechodných proudů a napětí pro řadu hodnot nezávisle proměnné (času). S jistými úpravami lze této metody použít pro řešení přechodných jevů i v nelineárních obvodech.

Tohoto způsobu je použito v předložené práci, při čemž k numerické integraci soustavy rovnic obvodu je použita metoda Runge-Kutteova. Navazujeme na článek [2], v němž byla provedena analýza elektrického obvodu v ustáleném stavu při harmonickém průběhu časově proměnných veličin. Jelikož matematické operace jsou u metody smyčkových proudů stejné jako u metody uzlových napětí, budeme mít na zřeteli jen jednu z těchto metod, a to metodu smyčkových proudů.

2. ROVNICE ELEKTRICKÉHO OBVODU A JEJICH ÚPRAVA NA KANONICKÝ TVAR

O i -té větvi elektrického obvodu pro obecnost předpokládáme, že obsahuje odpor R_{ii} , indukčnost vlastní L_{ii} i vzájemnou s j -tou větví L_{ij} a elastanci S_{ii} ($=1/C_{ii}$), jakož i elektromotorické napětí $e_i(t)$. Pak podle 2. Kirchhoffova zákona platí integro-

diferenciální rovnice

$$(1) \quad u_i(t) = R_{ii} i_i(t) + \sum_{j=1}^l L_{ij} \frac{di_j(t)}{dt} + S_{ii} \int_0^t i_i(\tau) d\tau + U_{i0} - e_i(t) \\ (i = 1, \dots, l),$$

kde U_{i0} je napětí na kapacitě C_{ii} v okamžiku $t = 0$. Rovnici (1) lze symbolicky vyjádřit maticovým zápisem

$$(2) \quad \mathbf{u} = \left(\mathbf{R} + \mathbf{L} \frac{d}{dt} + \mathbf{S} \int_0^t (\dots) d\tau \right) \mathbf{i} + \mathbf{U}_0 - \mathbf{e},$$

kde \mathbf{R} , \mathbf{L} , \mathbf{S} jsou čtvercové matice řádu n (matice \mathbf{R} a \mathbf{S} jsou diagonální a \mathbf{L} je symetrická) a matice \mathbf{u} , \mathbf{i} , \mathbf{e} , \mathbf{U}_0 jsou sloupcové o n řádcích.

Po transformaci na smyčkové veličiny maticí \mathbf{C} dostáváme

$$(3) \quad \mathbf{e}' = \left(\mathbf{R}' + \mathbf{L}' \frac{d}{dt} + \mathbf{S}' \int_0^t (\dots) d\tau \right) \mathbf{i}' + \mathbf{U}'_0,$$

kde $\mathbf{R}' = \mathbf{C}\mathbf{R}\mathbf{C}$, $\mathbf{L}' = \mathbf{C}\mathbf{L}\mathbf{C}$, $\mathbf{S}' = \mathbf{C}\mathbf{S}\mathbf{C}$, $\mathbf{e}' = \mathbf{C}\mathbf{e}$, $\mathbf{i}' = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{i}$, $\mathbf{U}'_0 = \mathbf{C}\mathbf{U}_0$. Integrodiferenciální rovnici (3) převedeme na soustavu dvou diferenciálních rovnic prvního řádu. Označme

$$(4) \quad \mathbf{S}' \int_0^t \mathbf{i}' dt = \mathbf{u}'_c.$$

Z rovnice (3) vypočítáme

$$(5) \quad \frac{d\mathbf{i}'}{dt} = \mathbf{L}'^{-1}(\mathbf{e}' - \mathbf{R}'\mathbf{i}' - \mathbf{u}'_c)$$

a z rovnice (4)

$$(6) \quad \frac{d\mathbf{u}'_c}{dt} = \mathbf{S}'\mathbf{i}'.$$

Rovnice (5) má smysl jen za předpokladu, že \mathbf{L}' je matice regulární. Nutnou a postačující podmínkou regularity matice \mathbf{L}' je požadavek, aby v analyzovaném obvodu neexistovala ani jediná smyčka, která by neobsahovala indukčnost (viz [1], str. 177).

Rovnice (5) a (6), spolu s počátečními podmínkami $\mathbf{u}'_c(0) = \mathbf{U}'_0$ a $\mathbf{i}'(0) = \mathbf{I}'_0$ představují soustavu rovnic vhodných pro numerickou integraci.

3. NUMERICKÁ METODA INTEGRACE ROVNIC ELEKTRICKÉHO OBVODU

Nejobtížnější operací je zřejmě integrace rovnic elektrického obvodu. K tomu byla použita metoda Runge-Kutteova v Mersonově modifikaci, která je jedním

ze standardních podprogramů samočinného počítače National Elliott 803. Metoda Runge-Kutteova je všeobecně známa, je popsána v řadě publikací, např. v knize [3], o Mersonově modifikaci je zmínka např. v knize [4] a proto ji zde nebudeme popisovat.

Rovnice elektrického obvodu mají tvar

$$(7) \quad \frac{d\mathbf{Y}}{dt} = F(t, \mathbf{Y});$$

jejich řešení v okamžiku $t = t_n$ je $\mathbf{Y}' = \mathbf{Y}_n$ (tj. počáteční podmínka). V okamžiku t_1 , časově vzdáleném o krok $h = t_1 - t_n$, lze hodnotu $\mathbf{Y}(t_1)$ vyjádřit Taylorovým rozvojem

$$\mathbf{Y}_{n+1} = \mathbf{Y}_n + h\mathbf{Y}'_n + \frac{1}{2!} h^2 \mathbf{Y}''_n + \frac{1}{3!} h^3 \mathbf{Y}'''_n + \dots$$

Omezíme-li se na prvních šest členů této řady, nalézáme

$$(8) \quad \mathbf{Y}_{n+1} \doteq \mathbf{Y}_n + \frac{1}{2}(\mathbf{K}_1 + 4\mathbf{K}_2 + \mathbf{K}_3),$$

kde

$$(9) \quad \begin{aligned} \mathbf{K}_1 &= \frac{1}{3}hF(t_n, \mathbf{Y}_n), \\ \mathbf{K}_2 &= \frac{1}{3}hF(t_n + \frac{1}{3}h, \mathbf{Y}_n + \mathbf{K}_1), \\ \mathbf{K}_3 &= \frac{1}{3}hF(t_n + \frac{2}{3}h, \mathbf{Y}_n + \frac{1}{2}\mathbf{K}_1 + \frac{1}{2}\mathbf{K}_2), \\ \mathbf{K}_4 &= \frac{1}{3}hF(t_n + h, \mathbf{Y}_n + \frac{3}{8}\mathbf{K}_1 + \frac{9}{8}\mathbf{K}_3), \\ \mathbf{K}_5 &= \frac{1}{3}hF(t_n + \frac{5}{6}h, \mathbf{Y}_n + \frac{3}{2}\mathbf{K}_1 - \frac{9}{2}\mathbf{K}_3 + 6\mathbf{K}_4). \end{aligned}$$

Chyba způsobená zanedbáním členů Taylorovy řady obsahujících h^i ($i \geq 6$) se zřejmě zvětšuje s krokem h . Ohodnocení této chyby se podle Mersona provádí vztahem

$$(10) \quad \mathbf{D} = \mathbf{K}_1 - \frac{9}{2}\mathbf{K}_3 + 4\mathbf{K}_4 - \frac{1}{2}\mathbf{K}_5.$$

Velikost kroku h volíme a dále předepisujeme maximální chybu ε . O tom, je-li krok h zvolen správně, se přesvědčíme pomocí nerovnosti

$$(11) \quad \frac{5}{32}\varepsilon < d_i < 5\varepsilon,$$

kde d_i jsou prvky sloupcové matice \mathbf{D} . Je-li nerovnost (11) splněna, je volba kroku h správná. Není-li splněna, je nutno krok změnit: je-li $d_i > 5\varepsilon$, byla by překročena chyba ε a proto se zkracuje krok h na polovinu a celý výpočet se opakuje; je-li $d_i < \frac{5}{32}\varepsilon$, je chyba velmi malá a proto se krok zdvojnásobuje a výpočet se opět opakuje.

Mersonova modifikace je výhodná tím, že známe maximální chybu ε a dále proto, že účelnou změnou kroku během výpočtu lze sestavit program pro strojový výpočet,

který je rychlejší (podle Mersona asi o 20%) v porovnání s výpočtem s pevným krokem, kde jsme nuceni volit krok raději menší, aby chyba (kterou ovšem neznáme) nebyla příliš velká.

4. SESTAVENÍ PROGRAMU PRO SAMOČINNÝ POČÍTAČ

Vlastní program pro výpočet přechodového jevu se skládá ze tří částí:

- a) z úvodu a vlastního řízení výpočtu, volby dalších bodů a úpravy tisku,
- b) z numerické integrace diferenciálních rovnic,
- c) z výpočtu derivací proudů a napětí.

Kromě toho je nutno upravit vstupní veličiny: jedná se zejména o výpočet inverzní matice \mathbf{L}^{-1} , případně o výpočet matice \mathbf{C} z matice \mathbf{K}_r . Matici \mathbf{L}^{-1} určíme podle standardního podprogramu a případný výpočet \mathbf{C} z \mathbf{K}_r podle programu uvedeného v [2]. Tyto nevkládáme do vlastního programu z důvodů využití vnitřní paměťové kapacity stroje pro výpočet přechodového jevu.

Abychom využili paměť počítače především pro výpočet přechodového jevu, spokojíme se v dalším s tím, že vypočítáme jen smyčkové proudy a napětí na kapacitách ve smyčce; určení větrových proudů a napětí je pak již snadné.

V následujícím oddílu je uveden program výpočtu, zapsaný v algoritmickém jazyku ALGOL 60. V první části programu se čtou úvodní data, konstanty obvodu (zpracované předchozím výpočtem) a počáteční podmínky. Dále se provádí volba integračního intervalu. O ukončení výpočtu se rozhoduje tím způsobem, že po výběru posledního bodu se počítač zastaví. Ve druhé části programu se provádí numerická integrace diferenciálních rovnic obvodu podle Runge-Kutteovy metody v Mersonově modifikaci. Třetí a poslední část výpočtu se skládá z maticového výpočtu hodnot di'/dt a du'_c/dt . V těchto maticových operacích se vyskytuje pouze operace slučování a násobení.

Proběhne-li jeden integrační interval, počítač vytiskne výstupní údaje v tomto pořadí: hodnota časového okamžiku, ke kterému byla integrace prováděna, hodnoty smyčkových proudů a hodnoty napětí na kapacitách v příslušné smyčce. Při integraci po dalším (časovém) kroku se výsledky tisknou na novou řádku, takže vznikne přehledná tabulka.

5. PROGRAM PRO ANALÝZU PŘECHODNÉHO JEVU V OBVODU

begin integer k ; **comment** k určuje počet smyček;

array $R', B', S'[1 : k, 1 : k], E', U'_c, pU'_c, I', pI'[1 : k],$
 $Q_1, Q_2[1 : k, 1 : 2 \times k], F, Y[1 : 2 \times k];$

procedure IDR ; **comment** procedura IDR obsahuje vedle základních parametrů i proceduru FKT , která následuje;

```

procedure FKT(F, Y, t); real t; array Y, F;
  begin procedure matice (D); string D;
    comment procedura matice provádí maticové operace na-
    značené v řetězu D;
    matice (I: =  $Q_1 \times Y$ ;
       $U_c$ : =  $Q_2 \times Y$ ;
       $pI$ : =  $B \times (E - U_c - R \times I)$ ;
       $pU_c$ : =  $S \times I$ ;
       $F$ : =  $'Q_1 \times pI + 'Q_2 \times pU_c$ )
  end FKT.

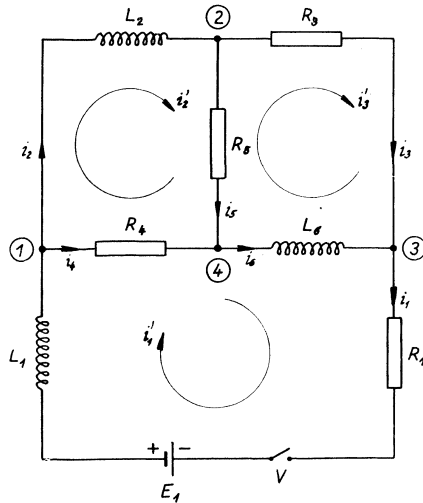
```

```

Výpočet: begin real t,  $\Delta t$ , T;
  for t := t +  $\Delta t$  while  $\neg (t > T)$  do
    begin IDR; tisk výsledků end
  end výpočet

```

end program



Obr. 1. Elektrický obvod k číselnému příkladu.

Program obsahuje tyto základní procedury:

a) procedura *IDR* – provádí integraci diferenciálních rovnic (bývá standartní procedurou např. metoda Runge-Kutta);

b) procedura *FKT* je vlastně podprogramem procedury *IDR*; tento program vypočítává v našem případě na základě znalosti proudů a napětí na kondensátorech derivace těchto proudů a napětí;

c) procedura matice analyzuje zápis maticových operací a tyto operace v uvedeném sledu provádí.

Přehled maticových vztahů:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Y} &= \begin{vmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{U}_c \end{vmatrix} \\
 \mathbf{I} = \|1; 0\| \cdot \begin{vmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{U}_c \end{vmatrix} &= \mathbf{Q}_1 \times \mathbf{Y}; \quad \mathbf{Q}_1 = \|1; 0\| \\
 \mathbf{U}_c = \|0; 1\| \cdot \begin{vmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{U}_c \end{vmatrix} &= \mathbf{Q}_2 \times \mathbf{Y}; \quad \mathbf{Q}_2 = \|0; 1\| \\
 \hline
 p\mathbf{I} &= \mathbf{B}(\mathbf{E} - \mathbf{U}_c - \mathbf{R} \times \mathbf{I}) \quad \mathbf{B} = \mathbf{L}^{-1} \\
 p\mathbf{U}_c &= \mathbf{S} \times \mathbf{I} \\
 \hline
 \mathbf{F} &= {}^t\mathbf{Q}_1 \times p\mathbf{I} + {}^t\mathbf{Q}_2 \times p\mathbf{U}_c; \\
 \mathbf{F} &= \begin{vmatrix} p\mathbf{I} \\ p\mathbf{U}_c \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

6. ČÍSELNÝ PŘÍKLAD

Z řady propočítaných příkladů uvedeme řešení přechodného jevu v elektrickém obvodu podle obr. 1. (Pro kontrolu byl přechodný jev vyřešen bez použití počítače.)

Prvky obvodu mají tyto hodnoty:

$E = 10 \text{ V}$, $R_1 = 1 \Omega$, $L_1 = 1 \text{ H}$, $L_2 = 2 \text{ H}$, $R_3 = 3 \Omega$, $R_4 = 2 \Omega$, $R_5 = 4 \Omega$, $L_6 = 2 \text{ H}$. Obvod orientujeme, určíme úplný systém nezávislých smyček ($n = 3$) a transformační matici \mathbf{C}

$$\mathbf{C} = \begin{array}{|c|c|c|}
 \hline
 1 & & \\
 \hline
 & 1 & \\
 \hline
 & & 1 \\
 \hline
 1 & -1 & \\
 \hline
 & 1 & -1 \\
 \hline
 1 & & -1 \\
 \hline
 \end{array}$$

Vstupními hodnotami jsou: matice smyčkových elektromotorických napětí \mathbf{E}' , matice smyčkových odporů \mathbf{R}' , matice smyčkových indukčností \mathbf{L}' a inverzní matice smyčkových indukčností \mathbf{L}'^{-1} :

$$\mathbf{E}' = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{R}' = \begin{bmatrix} 3 & -2 & 0 \\ -2 & 6 & -4 \\ 0 & -4 & 7 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{L}' = \begin{bmatrix} 3 & 0 & -2 \\ 0 & 2 & 0 \\ -2 & 0 & 2 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{L}'^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0 & 1,5 \end{bmatrix}.$$

Použitím programu uvedeném v oddílu 5 dostáváme při kroku $h = 0,05$ sec. výsledky, které jsou uvedeny v tab. I.

Tabulka I.

| $t_{[sec]}$ | $i_1(t)$ [A] | $i_2(t)$ [A] | $i_3(t)$ [A] | $i_4(t)$ [A] | $i_5(t)$ [A] | $i_6(t)$ [A] |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| .05 | .399943 | .029454 | .365508 | .370489 | .034435 | -.336054 |
| .10 | .671186 | .094821 | .560086 | .576365 | .111100 | -.465265 |
| .15 | .877621 | .175613 | .671382 | .702008 | .206239 | -.495769 |
| .20 | 1.05019 | .262013 | .741746 | .788177 | .308444 | -.479733 |
| .25 | 1.20390 | .349356 | .791655 | .854544 | .412245 | -.442299 |
| .30 | 1.34612 | .435458 | .831029 | .910662 | .515091 | -.395571 |
| .35 | 1.48045 | .519331 | .864682 | .961119 | .615768 | -.345351 |
| .40 | 1.60873 | .600561 | .894971 | 1.00817 | .713759 | -.294410 |
| .45 | 1.73192 | .679011 | .923058 | 1.05291 | .808862 | -.244047 |
| .50 | 1.85055 | .754671 | .949530 | 1.09588 | .901020 | -.194859 |
| .55 | 1.96497 | .825794 | .974696 | 1.13738 | .990274 | -.147102 |
| .60 | 2.07540 | .897858 | .998727 | 1.17755 | 1.07668 | -.100869 |
| .65 | 2.18201 | .965552 | 1.02173 | 1.21646 | 1.16028 | -.056178 |
| .70 | 2.28496 | 1.03077 | 1.04377 | 1.25419 | 1.24119 | -.013000 |
| .75 | 2.38439 | 1.09360 | 1.06491 | 1.29079 | 1.31948 | .028690 |
| .80 | 2.48041 | 1.15414 | 1.08519 | 1.32627 | 1.39522 | .068950 |
| .85 | 2.57315 | 1.21247 | 1.10466 | 1.36068 | 1.46849 | .107810 |
| .90 | 2.66272 | 1.26867 | 1.12334 | 1.39405 | 1.53938 | .145330 |
| .95 | 2.74923 | 1.32283 | 1.14128 | 1.42640 | 1.60795 | .181550 |
| atd. | | | | atd. | | |

Pro srovnání uvedme ještě výsledky analytického řešení uvažovaného obvodu. Obvod je popsán rovnicemi

$$R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + R_4(i_1 - i_2) + L_6 \frac{d(i_1 - i_3)}{dt} = E,$$

$$R_4(i_2 - i_1) + L_2 \frac{di_2}{dt} + R_5(i_2 - i_3) = 0,$$

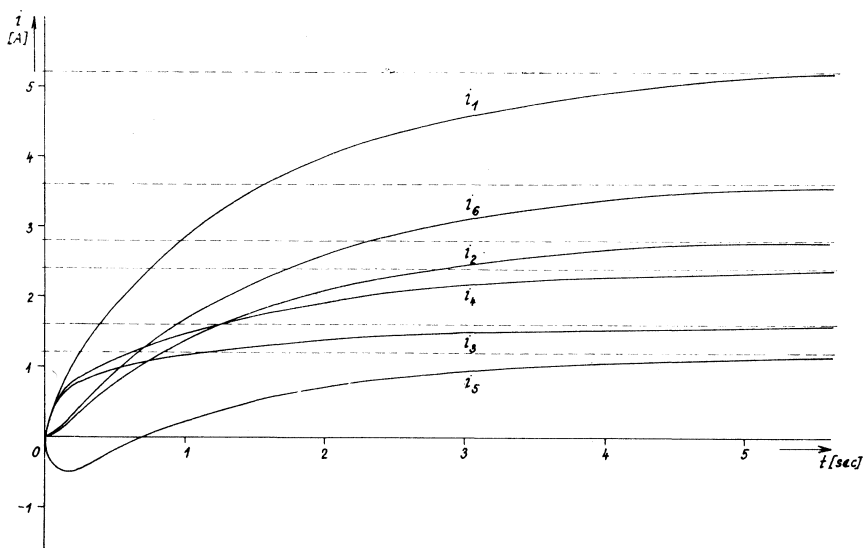
$$R_3 i_3 + L_6 \frac{d(i_3 - i_1)}{dt} + R_5(i_3 - i_2) = 0$$

s počáteční podmínkou: při $t = 0$ je $i_1 = i_2 = i_3 = 0$. Obrazy proudů podle Laplaceovy transformace jsou

$$I_1 = \frac{10p^2 + 65p + 65}{p(p^3 + 16,5p^2 + 29p + 12,5)},$$

$$I_2 = \frac{30p + 35}{p(p^3 + 16,5p^2 + 29p + 12,5)},$$

$$I_3 = \frac{10p^2 + 30p + 20}{p(p^3 + 16,5p^2 + 29p + 12,5)},$$



Obr. 2. Časový průběh větвовých proudů v obvodu podle obr. 1.

к нимž найдемe tyto оригиналы

$$i_1(t) = 5,2 - 4,71821e^{-0,693t} - 0,46030e^{-14,569t} - 0,01598e^{-1,238t},$$

$$i_2(t) = 2,8 - 2,70810e^{-0,693t} + 0,14918e^{-14,569t} - 0,23822e^{-1,238t},$$

$$i_3(t) = 1,6 - 0,76468e^{-0,693t} - 0,63281e^{-14,569t} - 0,20188e^{-1,238t},$$

$$i_4(t) = 2,4 - 2,01011e^{-0,693t} - 0,60948e^{-14,569t} + 0,22224e^{-1,238t},$$

$$i_5(t) = 1,2 - 1,94342e^{-0,693t} + 0,78199e^{-14,569t} - 0,03634e^{-1,238t},$$

$$i_6(t) = 3,6 - 3,95353e^{-0,693t} + 0,17251e^{-14,569t} + 0,18590e^{-1,238t},$$

jejichž graf je na obr. 2.

Literatura

- [1] D. Mayer: Analýza elektrických obvodů maticovým počtem. NČSAV, Praha 1966.
- [2] D. Mayer, S. Kořínek: Analýza elektrických obvodů v ustáleném stavu pomocí samočinného číslcového počítače. Aplikace matematiky 9 (1964), č. 1, str. 48–75.
- [3] Ё. С. Березин, Н. П. Жидков: Методы вычислений II. Гос. издат. физ.-мат. литературы, Москва 1962.
- [4] G. N. Lance: Numerical Methods for High Speed Computers. Hiffe and Sons, Ltd., London 1960.

Резюме

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТУРА В ПЕРЕХОДНОМ СОСТОЯНИИ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

ДАНИЕЛ МАЙЕР (DANIEL MAYER), СТАНИСЛАВ КОРЖИНЕК (STANISLAV KOŘÍNEK),
МОЙМИР ЛИНДАУР (MOJMÍR LINDAUR)

В работе исходят из общего электрического контура с сосредоточенными параметрами и выводят алгоритмы для его анализа в переходном состоянии. Алгоритм формулируется с помощью матричного исчисления для метода контурных токов. Получаются результаты, показывающие, что контур в переходном состоянии можно описать матричными уравнениями (5) и (6). Для их интегрирования применен численный метод Рунге-Кутты в модификации Мерсона.

На основании этого алгоритма была составлена программа для комплетного анализа контура с помощью автоматической цифровой вычислительной машины; эта программа записана на языке „ALGOL 60“. Далее приводится объяснение к этой программе.

С помощью вышеприведенной программы были решены разные электрические контуры на вычислительной машине „National Elliott 803“. Статья заканчивается приведением решения одного из этих контуров в качестве иллюстрирующего примера. Этот контур был решен для контроля и в аналитической форме с помощью преобразования Лапласа.

Summary

ANALYSIS OF ELECTRIC CIRCUIT IN TRANSIENT STATE BY MEANS OF AUTOMATIC DIGITAL COMPUTER

DANIEL MAYER, STANISLAV KOŘÍNEK, MOJMÍR LINDAUR

In the submitted paper the algorithm for the analysis of the general electric circuit with lumped parameters in transient state is given. The algorithm for the loop currents method is formulated by means of matrix calculus. The attained results show the possibility of describing the transient state by matrix equations (5) and (6). For their integration Runge-Kutte's numerical method in Merson's modification is used.

On the basis of this algorithm a program for the complete analysis of the circuit by means of an automatic digital computer has been designed; this program is recorded in the programming language ALGOL 60. Besides, a commentary to this program is given.

By means of the given program various electric circuits on the computer National Elliot 803 have been solved. The article is concluded by giving the solution of one of these circuits as an illustrative example. In order to compare the results the same circuit has been solved in the analytical form by means of Laplace's transform.

Adresy autorů: Doc. Ing. Daniel Mayer C.Sc., Vysoká škola strojní a elektrotechnická, Nejedlého sady 14, Plzeň. — Ing. Stanislav Kořínek, dtto. — Ing. Mojmír Lindaur, dtto.