ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՄԵՔԵՆԱՅԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ՀԱՆԳՈՒՑԱՅԻՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴՈՎ

ՀՏԴ 004.67

DOI: 10.56246/18294480-2023.15-13

ՀԱԿՈԲՅԱՆ ՄԱՄԻԿՈՆ

տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ

Գավառի պետական համալսարանի դասախոս

էլփոստ: hakopyan.mamikon@mail.ru

Հոդվածում ներկայացվում է էլեկտրոնային սխեմաների վերլուծությունը և մեքենայական հաշվարկը հանգուցային պոտենցիալների մեթոդով, որի հիմքում ընկած են շղթաների տեսությունը և հավասարումների լուծման մաթեմատիկական ու մեքենայական մեթոդները:

Էլեկտրոնային սխեմաների վերլուծության համար նկարագրող հավասարումները կարելի է գրել՝ օգտվելով Կիրխհոֆի 1-ին և 2-րդ օրենքներից և լուծելով այդ հավասարումները՝ ստանալ մեզ հետաքրքրող պարամետրերի արժեքները: Սակայն սխեմաների բարդացմանը զուգընթաց դժվարանում է այդ հավասարումների կազմման և լուծման գործընթացը:

Կիրառելով մատրիցային հանրահաշվի հայտնի մեթոդները՝ սխեման բնութագրվում, վերլուծվում և լուծում է ստանում իր մատրիցավեկտորական պարամետրերով:.

Մեքենայական հաշվարկների ժամանակ առավել հարմար է օգտագործել հանգուցային պոտենցիալների մեթոդը, քանի որ էլեկտրոնային սխեմաների անալիզի և հաշվարկի այլ մեթոդների համեմատ հավասարումների քանակը մեծ մասամբ քիչ է ստացվում: Մեքենայական հաշվարկի համար սխեմայի ներկայացման ամենահասարակ և հարմար ձևերից է աղյուսակային նկարագրությունը՝ որպես հանգույց-ճյուղ միացումներ:

Հանգուցային պոտենցիալների մեթոդը էլեկտրոնային սխեմաների վերլուծության և հաշվարկի այլ մեթոդների համեմատ առավել արդիական է, և սխեմայի հաշվարկը ստացվում է բավականին ճշգրիտ:

Հոդվածում բերված են նաև օրինակներ MatLab ծրագրային համակարգով մատրիցի ծրագրավորման և դրա հետ գործողություններ կատարելու սկզբունքների ներկայացմամբ:

Բանալի բառեր՝ *էլեկտրոնային սխեմա, շղթաների տեսություն, հանգուցային պոտենցիալների մեթոդ, մատրիցային հանրահաշիվ, մեքենայական հաշվարկ, ալգորիթմ:*

Ներկայումս թվային տեխնոլոգիաների զարգացումը հանգեցրել է էլեկտրոնային սխեմաների առանձին հանգույցների նախագծման և բաղադրիչների կառուցավորման մեքենայական հաշվարկի մեթոդների լայն կիրառմանը:

Էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենաներում (ԷՀՄ) կուտակված ինֆորմացիայի ծավալի և աշխատանքի արագության մեծացումը ընդլայնել է այն խնդիրների բնագավառը, որոնք լուծվում են այդ մեթոդների օգնությամբ, որի հետևանքով էլեկտրոնային սխեմաների հաշվարկի մեծ մասը ճարտարագետները իրականացնում են ԷՀՄ-երի օգնությամբ: Սակայն առանց էլեկտրոնային շղթաների վերլուծության և հաշվակի մեթոդների հիմնարար իմացության անհնար է հետագա անցումը դրանց մեքենայացման հաշվարկին:

Էլեկտրոնային սխեմաների մեքենայական վերլուծության հիմքում ընկած են շղթաների տեսությունը և հավասարումների լուծման մեքենայական մեթոդները [1]:

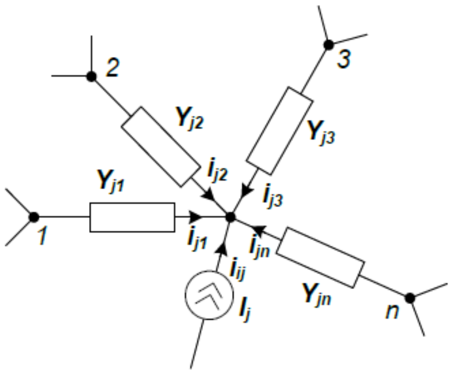
Էլեկտրոնային սխեմաների վերլուծության համար նկարագրող հավասարումները կարելի է գրել՝ օգտվելով Կիրխհոֆի 1-ին և 2-րդ օրենքներից և լուծելով այդ հավասարումները՝ ստանալ մեզ հետաքրքրող պարամետրերի արժեքները: Սակայն սխեմաների բարդացմանը զուգընթաց դժվարանում է այդ հավասարումների կազմման և դրանց լուծման գործընթացը: Այդ դեպքերում լայն կերպով կիրառվում են մատրիցային հանրահաշվի հզոր մեթոդները, որոնց միջոցով սխեմայի հավասարումները ներկայացվում են ավելի կոմպակտ ձևով, իսկ սխեման բնութագրվում է իր մատրիցավեկտորական պարամետրերով [2]:

Հանգուցային պոտենցիալների մեթոդը էլեկտրոնային սխեմաների վերլուծության և հաշվարկի այլ մեթոդների համեմատ առավել լայն կիրառություն է գտել և արդիական է:

Մեքենայական հաշվարկների ժամանակ առավել հարմար է օգտագործել հանգուցային պոտենցիալների մեթոդը, քանի որ էլեկտրոնային սխեմաների անալիզի և հաշվարկի այլ մեթոդների համեմատ հավասարումների քանակը մեծ մասամբ քիչ է ստացվում:

Այս մեթոդը հիմնված է Կիրհոֆի առաջին օրենքի վրա՝ գրված բոլոր հանգույցների (կտրվածքների) համար: Ամեն մի հանգույցի (կտրվածքի) համար կազմվում է հոսանքների բալանսի հավասարումը: Հանգուցային հավասարումների համակարգը հաղորդականությունների մատրիցայի միջոցով կարող է ներկայացվել մատրիցի տեսքով: Այստեղ առաջին խնդիրն է ամենապարզ եղանակով սխեմայի հաղորդականությունների մատրիցայի միջոցով ստանալ այդ հավասարումների համակարգը:

Դիտարկենք պասիվ սխեմայի մեկ հանգույցը: Նկ. 1-ում բերված է n հանգույցով պասիվ սխեմայի տեղամաս: Ենթադրենք առանձնացված j-րդ հանգույցը Y_{ij} հաղորդականություններով միացված է բոլոր մյուս n-1 հատ հանգույցների հետ:



Նկ.1. n-հանգույցով պասիվ սխեմայի տեղամաս:

Կհամարենք, որ եթե սխեմայի երկու հանգույց անմիջական կապով միացված չեն միմյանց հետ, ապա համապատասխան ճյուղի հաղորդականությունը զրո է: Բացի դրանից՝ ենթադրենք j-րդ հանգույց է մտնում I_j հոսանքի աղբյուրը, եթե դիտարկվող սխեմայում հոսանքի աղբյուրը բացակայում է, ապա այն հավասար է զրոյի: Քանի որ ներկայացված սխեմայում ճյուղերի հոսանքները ($i_{j1} \ldots i_{jn}$) ներկայացված են հանրահաշվորեն, ուստի դրանց դրական ուղղությունները կամայական են և լուծումից հետո այդ ուղղությունները կարող են փոխվել: Հնարավոր է՝ երկու հանգույցի միջև միացված լինեն մի քանի ճյուղեր, որն էական չէ, քանի որ այն կարող է համարժեք ձևափոխությամբ բերվել մեկ ճյուղի:

Ըստ Կիրխոֆի օրենքի՝ j-րդ հանգույցի համար կարող ենք գրել՝

$$-I_j + \text{¿}\; i_{j1} + i_{j2} + \ldots + i_{jn} = 0, \qquad (1)$$

կամ

$$I_j \;\text{¿} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} i_{jk} \qquad (2)$$

Օհմի օրենքի հիման վրա ամեն մի ճյուղի համար, որն ունի $Y_{jk}\,(k=1 \ldots k \neq j)$ հաղորդականություն, կարելի է գրել՝

$$i_{j1} = (U_j - U_1)\,Y_{j1},\; i_{j2} = (U_j - U_2)\,Y_{j2}, \ldots ,\; i_{jk} = (U_j - U_k)\,Y_{jk}, \ldots (3)$$

Հաշվի առնելով (2) և (3)-ը՝ կստանանք՝

$$I_j \;\text{¿} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} (U_j - U_k) Y_{jk}\;, \qquad (4)$$

Ձևափոխելով (4)-ը՝ կունենանք՝

$$I_j \;\text{¿}\, U_j \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} Y_{jk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} U_k Y_{jk} \;: \qquad (5)$$

$\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} Y_{jk} = y_{ij}$ արտահայտությունը որոշում է j-րդ հանգույցի հաղորդականությունը: Եթե $Y_{jk} = y_{ij}$, ապա (5) հավասարումը կարելի է գրել հետևյալ տեսքով.

$$I_j \;\text{¿} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{n} y_{jk} U_k: \qquad (6)$$

Նույն սկզբունքով գրելով (6) տեսքի հավասարումները սխեմայի բոլոր հանգույցների համար՝ կստանանք հանգուցային հավասարումների համակարգը, որը մատրիցային տեսքով կարելի է ներկայացնել հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11}\ y_{12} \cdots\ y_{1n} \\ y_{21}\ y_{22} \cdots\ y_{2n} \\ \cdots\ \ \cdots\ \ \cdots \\ y_{n1}\ y_{n2} \cdots\ y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \cdots \\ U_n \end{bmatrix} \text{ կամ } I = Y_i U, \qquad (7)$$

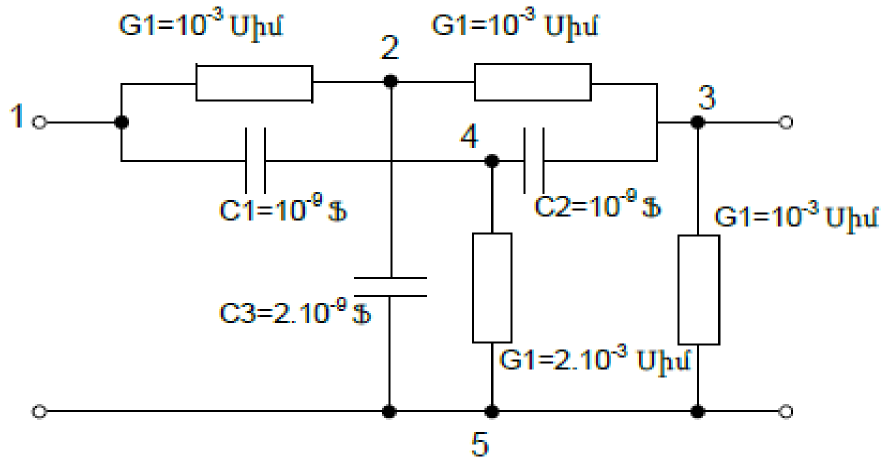
որտեղ Y_i–ն հաղորդականությունների մատրիցան է։

Բերված ձևափոխությունները հնարավորություն են տալիս պասիվ սխեմայի համար ստանալու հասարակ կանոններ հաղորդականությունների մատրիցի հաշվարկի դեպքում։ Մատրիցի անկյունագծային y_{ii} էլեմենտները i-րդ հանգույցին միացված բոլոր ճյուղերի հաղորդականությունների գումարն է, *i=1…n*, իսկ ոչ անկյունագծային y_{ij} էլեմենտները՝ i և j-րդ հանգույցները միացնող բոլոր ճյուղերի հաղորդականությունների գումարը (i,j=1..n,i≠j)՝ վերցրած հակառակ նշանով։

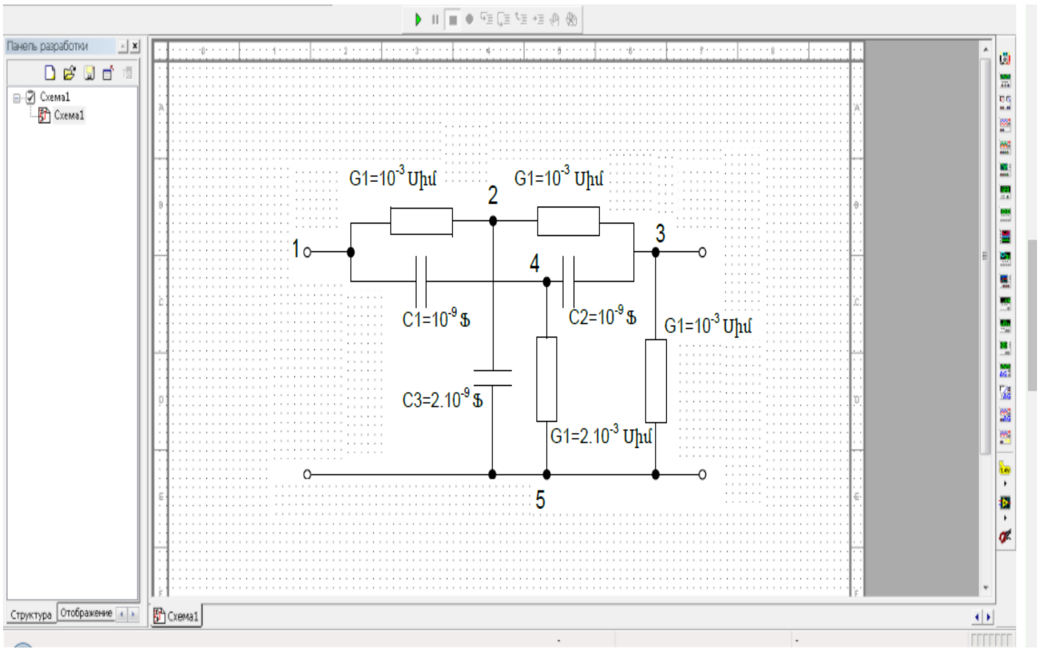
Այսպիսով, հաղորդականությունների մատրիցի ստացումը պարզ խնդիր է՝ հիմնված սխեմայի տոպոլոգիայի և էլեմենտների մեծության իմացության վրա։

Մեքենայական հաշվարկի համար սխեմայի ներկայացման ամենահասարակ և հարմար ձևերից է աղյուսակային նկարագրությունը՝ որպես հանգույց-ճյուղ միացումներ։

Դիտարկենք կրկնակի կամրջակային պարզագույն սխեմայի օրինակը՝ բերված նկ.2.ա և 2.բ-ում։ Նկար 2-ի բ-ում պատկերված է Multisim 10,0 ծրագրային փաթեթով հավաքված սխեման, որի մոդելավորման արդյունքում ստանում ենք անհրաժեշտ պարամետրերը։



Նկ.2.ա -Կրկնակի կամրջակային սխեմա



Նկ. 2.բ. Կրկնակի կամրջակային սխեման՝ հավաքված

Multisim 10,0 ծրագրային փաթեթով:

Սխեմայի տրման համար նրա ճյուղերը և հանգույցները համարակալում են: Տրված սխեման ամբողջովին նկարագրվում է հետևյալ ճյուղ-հանգույց միացումների աղյուսակով (աղ.1):

Աղյուսակ 1.

G1	1,2	1E-3 $U_{իմ}$
G2	2,3	1E-3 $U_{իմ}$
G3	4,5	2E-3 $U_{իմ}$
G4	3,5	1E-3 $U_{իմ}$
C1	1,4	1E-9 Ֆ
C2	4,3	1E-9 Ֆ
C3	2,5	2E-9Ֆ

Աղյուսակում առաջին սյունակի սիմվոլը ցույց է տալիս սխեմայի տարրի կարգային համարը և կարող է ցանկացած ձևով հիշվել հաշվիչ մեքենայում: Տարրերի տիպերի (G, L, C, և R) իմացությունն անհրաժեշտ է, որպեսզի համապատասխան ձևով հաշվարկվեն դրանց հաղորդականությունները՝ կախված տրված հաճախությունից:

Երկրորդ և երրորդ թվերը անվանացուցակում ցույց են տալիս, թե տվյալ տարրը որ հանգույցների միջև է միացված: Աղյուսակի վերջին սյունակում բերված են տարրերի նշանակությունները:

Օրինակ՝ հանգուցային հաղորդականությունների մատրիցի $\omega = 10^6$ ռադ/վ անկյունային հաճախության դեպքում ունի հետևյալ տեսքը՝

$$Y = \begin{bmatrix} 0{,}001 + j0.001 & -0{,}001 & 0 & -j0{,}001 & 0 \\ -0{,}001 & 0{,}002 + j0{,}002 & -0{,}001 & 0 & -j0{,}002 \\ 0 & -j0{,}001 & 0{,}002 + j0{,}001 & -j0{,}001 & -j0{,}001 \\ -j0{,}001 & 0 & -j0{,}001 & 0{,}002 + j0{,}002 & -0{,}002 \\ 0 & 0{,}002 & -0{,}001 & -0{,}002 & 0{,}003 + j0{,}002 \end{bmatrix}:$$

Բերված օրինակը ցույց է տալիս պասիվ սխեմայի համար կազմված հաղորդականությունների մատրիցի հատկությունները։ Այն կարող է հեշտությամբ օգտագործվել ԷՀՄ-ում պահպանման համար։

Ստորև ներկայացնենք MatLab ծրագրային համակարգով մատրիցի ծրագրավորման և դրա հետ գործողություններ կատարելու սկզբունքները։

Մատրիցներ ձևավորելու համար անհրաժեշտ է կիրառել $\ll [\,] \gg$-տեսքի փակագծեր կետ ստորակետ նշանը՝ $\ll ; \gg$, մատրիցի տարրերը իրարից անջատելու համար և բացթողումներ՝ տողերի էլեմենտները իրարից անջատելու համար։

Եթե անհրաժեշտ է դիմել որևէ տարրի, ապա ինդեքսավորումը պետք է կատարվի՝ օգտագործելով կլոր փակագծեր, որոնց մեջ գրանցվում են տարրի տողի և սյան համարները։

Եթե անհրաժեշտ է դիմել մատրիցի որևիցե տողի կամ սյան՝ իրար հաջորդող տարրերին, ապա ինդեքսավորումը պետք է իրականացվի՝ օգտագործելով կլոր փակագծեր և երկու կետ $\ll : \gg$ նշանը [3]։

Դիտարկենք մեկ օրինակ։

Օրինակ 1. Ենթադրենք տրված է A = [1 0 3; -2 4 5; 6 -3 1; 7 0 -3] մատրիցը, ըստ վերը բերված ալգորիթմի՝ ունենք MatLab ծրագրային համակարգով իրականացված հետևյալ արդյունքը՝

A = [1 0 3; -2 4 5; 6 -3 1; 7 0 -3];

A (4, 3); ans =-3;

A (2:3, 1:2) ans = -2,4

6, -3

End

Ներկայացնենք մի քանի հատուկ հրամաններ, որոնք նախատեսված են մատրիցների համար։ Տրանսպոնացում կատարելու համար կարելի է օգտագործել $\ll$ ‘ $\gg$ նշանը մատրիցը մուտքագրելուց հետո։ Մատրիցը հակադարձելու և շրջելու համար նախատեսված են հետևյալ հրամանները՝

Տեսքը՝

Y= inv(B):

Նկարագրությունը՝

Y= inv(B) հրամանն օգտագործվում է (n,n) չափողականություն ունեցող B մատրիցի հակադարձը փնտրելու համար։

Ընդ որում B մատրիցն ունի հակադարձ մատրից, եթե նրա որոշիչը հավասար չէ զրոյի։

Տեսքը՝

R=rot 90(B)

R=rot 90(B,k)

Նկարագրությունը

R=rot 90(B) հրամանն օգտագործվում է **(m,n)** չափողականությամբ **B** մատրիցը 90 աստիճան ժամսլաքի շարժմանը հակառակ շրջելու համար,

R=rot 90(B,k) հրամանն օգտագործվում է **(m,n)** չափողականությամբ **B** մատրիցը 90*k աստիճան ժամսլաքի շարժմանը հակառակ շրջելու համար, ընդ որում k = ±1,±2,±3,...։

Օրինակ 2.

A = [1 0 3; -2 4 5; 6 -3 1];

Y =inv (A)

Y =

-0.5429 0.2571 0.3429

-0.9143 0.4857 0.3143

0.5143 -0.0857 -0.1143

end

Այսպիսով, կարող ենք եզրակացնել, որ հանգուցային պոտենցիալների մեթոդը էլեկտրոնային սխեմաների վերլուծության և հաշվարկի այլ մեթոդների համեմատ առավել արդիական է, և սխեմայի հաշվարկը ստացվում է բավականին ճշգրիտ։

Կիրառելով մատրիցային հանրահաշվի հզոր մեթոդները՝ սխեմայի հավասարումները ներկայացվում են ավելի կոմպակտ ձևով, իսկ սխեման բնութագրվում և լուծում է ստանում իր մատրիցավեկտորական պարամետրերով։

Օգտագործված գրականության ցանկ

1. **Пронькин Ю. С., Егоров Ю. А.,** Элементы теории графов и их технические приложения /Учебно-методическое пособие для студентов технических специальностей. Часть 2, т., РИЦ ТГТУ, 2008, 30 с.
2. **Кондратюк Н. В., Зуйков И. Е., Жарин А. Л., Невдах В. В.**, Расчет и моделирование электронных схем аналоговых устройств, Минск, БНТУ, 2014, 126 с.
3. **Մ. Զ. Հակոբյան**. Matlab փաթեթի կիրառումը կրթական համակարգում։ Ուսումնական ձեռնարկ. ՀՊՃՀ-Երևան-2015թ.180 էջ.

ANALYSIS OF ELECTRONIC CIRCUITS AND MECHANICAL CALCULATION BY THE METHOD OF NODAL POTENTIALS

HAKOBYAN MAMIKON

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Lecturer of GSU

e-mail: hakopyan.mamikon@mail.ru

The article deals with the analysis of electronic circuits and mechanical calculation by the method of nodal potentials, which is based on the theory of circuits, mathematical and mechanical methods for solving equations.

Equations for the analysis of electronic circuits can be written using Kirchhoff's 1st and 2nd laws, and by solving these equations we can obtain the values of the parameters we are interested in. However, along with the complexity of the circuits, the process of drawing up and solving these equations becomes difficult.

Using well-known methods of matrix algebra, the circuit is characterized, analyzed and solved with its matrix vector parameters.

In mechanical calculations, it is more convenient to use the method of nodal potentials, since the number of equations is mostly less than other methods of analysis and calculation of electronic circuits. One of the simplest and most convenient forms of circuit representation for mechanical calculation is table description as node/branch connection.

The method of nodal potentials is more up-to-date compared with other methods of analysis and calculation of electronic circuits and the calculation of the circuit is quite accurate.

Examples of programming a matrix with MatLab software system and the principles of performing operations with it are also given in the article.

Key words: *Electronic circuit, circuit theory, nodal potential method, Matrix Algebra, mechanical calculation, algorithm.*

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ И МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕТОДОМ УЗЛОВЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

АКОПЯН МАМИКОН

Кандидат технических наук, доцент

Преподаватель ГГУ

электронная почта: hakopyan.mamikon@mail.ru

В статье представлен анализ электронных схем и механический расчет методом узловых потенциалов, в основе которого лежит теория цепей, математические и механические методы решения уравнений.

Используя известные методы матричной алгебры, схема охарактеризована, проанализирована и решена по своим матрично- векторным параметрам.

В механических расчетах удобнее использовать метод узловых потенциалов, так как по сравнению с другими методами анализа и расчета электронных схем, количество уравнений, как правило, меньше. Метод узловых потенциалов более широко используется, чем другие методы анализа и расчета электронных схем, и является современным.

В статье также приводятся примеры программирования матрицы с программной системой MatLab и с изложением принципов выполнения операций с ней.

Ключевые слова: *электронная схема, теория цепей, метод узловых потенциалов, матричная алгебра, машинный расчет, алгоритм.*

Հոդվածը ներկայացվել է խմբագրական խորհուրդ 17.02.2023թ.:
Հոդվածը գրախոսվել է 27.02.2023թ.:
Ընդունվել է տպագրության 17.11.2023թ.: