

2.	ՖԻԶԻԿԱՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ PHYSICAL, MATHEMATICAL AND TECHNICAL SCIENCES ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
----	---

**ԻՄՊՈՒԼՍԱՅԻՆ ՑԱԾՐԱՑՆՈՂ ԼԱՐՄԱՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉԻ ԿԱՌՈՒՑՄԱՆ ԵՎ
ԴՐԱ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ՀԱՐՑԵՐԻ ՔՆՆԱՐԿՈՒՄ**

ՀՏԴ 621.3

DOI: 10.56246/18294480-2025.18-05

ՀԱԿՈԲՅԱՆ ՄԱՄԻԿՈՆ

*տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ,
Գավառի պետական համալսարանի պրոֆեսոր
Էլփոստ: hmamik@mail.ru*

Լարման կերպափոխիչները կիրառվում են հաստատություն լարման մեկ մակարդակը մեկ այլ մակարդակի կերպափոխման համար, ընդ որում ելքի լարման միջին արժեքը կարելի է կարգավորել (կայունացնել): Դրանց աշխատանքի հիմքում ընկած է էլեկտրական էներգիայի իմպուլսային կերպափոխման եղանակը, որի դեպքում մուտքի հաստատություն լարումը սովորաբար վերածվում է ուղղանկյուն իմպուլսային լարման, այնուհետև հարթեցվում է ֆիլտրի միջոցով: Բեռի լարման կարգավորումն իրագործվում է իմպուլսի տևողության և դադարի ժամանակի հարաբերակցության փոփոխմամբ:

Կերպափոխիչային սարքավորումների հիմնական բնութագրիչ պարամետրերն են համարվում օգտակար գործողության գործակիցը, հզորության գործակիցը և այլ էներգետիկական պարամետրեր: Կերպափոխիչային տեխնիկայի հիմնական խնդիրներից է կերպափոխիչային սարքավորման նախագծման համար անհրաժեշտ կերպափոխիչների էլեկտրական սխեմաների հաշվարկման մեթոդների մշակումը:

Շարք դեպքերում անհրաժեշտ է բեռով (ինդուկտիվությամբ) հոսող հոսանքը կառավարել լարումով: Այդ նպատակով կիրառվում են ինտեգրալ գործարարական ուժեղարարներով լարում - հոսանք կերպափոխիչներ:

Իմպուլսային լարման կերպափոխիչների տարբեր կառուցվածքներ դիտարկելիս հաճախ օգտագործվում են ուղիղ և հակառակ գործողությամբ աշխատանքային ռեժիմները: Ուղիղ գործողությամբ իմպուլսային լարման

կերպափոխիչներում էներգիան փոխանցվում է կոնդենսատորին, երբ բանալին միացված է (տրանզիստորը բաց է): Հակառակ գործողությամբ իմպուլսային լարման կերպափոխիչներում էներգիան փոխանցվում է ելքային կոնդենսատորին, երբ բանալին անջատված է (տրանզիստորը փակ է):

Հոդվածում դիտարկվում են իմպուլսային ցածրացնող լարման կերպափոխիչի էլեկտրական սխեմաների հաշվարկման մեթոդների մշակման, կառուցման և դրա մոդելավորման հարցերը ժամանակակից ծրագրային փաթեթի օգնությամբ:

Բանալի բառեր՝ իմպուլսային ցածրացնող լարման կերպափոխիչ, էլեկտրական էներգիա, կայունացված լարում, մոդելավորում, սնման լարման աղբյուր, իմպուլսային կայունացուցիչ, հետադարձ կապ:

Կերպափոխիչը հիմնականում կուտակում է էներգիան արտաքին էլեկտրական աղբյուրից (արտաքին ցանց, գեներատոր կամ արևային վահանակներ) մարտկոցների մեջ, ինչպես և փոխանցում է էներգիան սպառողներին: Արտաքին սնուցման աղբյուրի անջատման կամ դրանում վտանգավոր բարձր լարում հայտնաբերելու դեպքում կերպափոխիչը անմիջապես անցնում է արտադրման ռեժիմի մարտկոցից՝ ապահովելով ռեզերվային բեռի անխափան սնուցում և պաշտպանություն: Այս դեպքում արևային վահանակներից էներգիան անընդհատ մատակարարվում է անմիջապես սպառողին, իսկ նրա ավելցուկը՝ մարտկոցին. Երբ վերականգնվում է արտաքին աղբյուրը, կերպափոխիչը փորձաքննում է դրա պարամետրերը և միացնում սպառողներին, ինչպես նաև լիցքավորում մարտկոցները՝ էներգիայի համալրման համար: Ելնելով խնայողության նպատակներից, և եթե կա բավարար էներգիա արևային մոդուլներում, կերպափոխիչը կարող է սնել սպառողներին միայն դրանով՝ անջատվելով արտաքին աղբյուրից:

Գործնականում յուրաքանչյուր էլեկտրոնային սխեմայի աշխատանք պահանջում է մեկ կամ մի քանի հիմնական սնման լարման աղբյուր, ընդ որում կայուն լարումով [1]:

Կայուն սնման աղբյուրներում կիրառվում են կամ գծային, կամ իմպուլսային կայունացուցիչներ: Իմպուլսային կայունացուցիչների անհերքելի առավելությունն է օգտագար գործողության գործակցի բարձր նշանակությունը, մեծ ելքային հոսանքներ ստանալու հնարավորությունը և բարձր արդյունավետությունը մուտքային և ելքային լարումների միջև մեծ տարբերության

դեպքում, ինչպես նաև ապահովում են սնման աղբյուրի ու բեռի գալվանական կապագերծումը [1,2]:

Իմպուլսային կայունարարներում կայունացումն իրականացվում է ելքային լարման փոփոխության միջոցով իմպուլսների հաջորդականության միջանցիկության փոփոխմամբ:

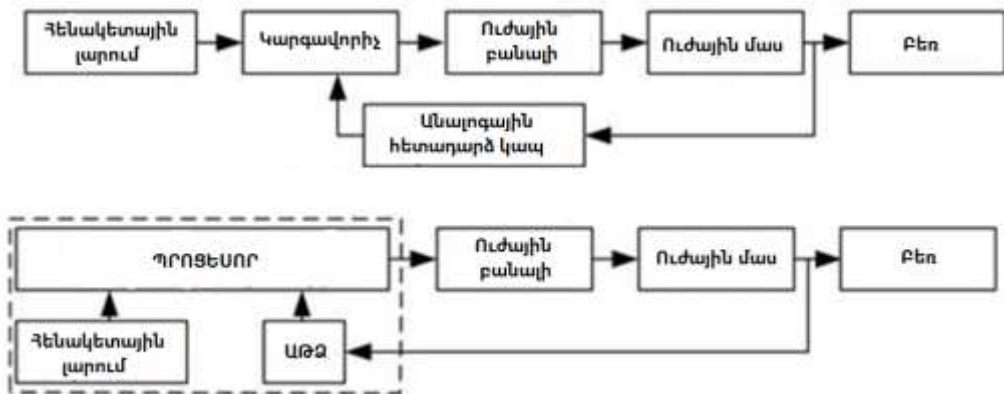
Ելքային լարման կայունացումը ձեռք է բերվում՝ հոսանքի անջատիչի բաց վիճակի ժամանակը կարգավորելով միացման ժամանակաշրջանի համեմատ:

Հոդվածում դիտարկվում են իմպուլսային ցածրացնող լարման կերպափոխիչի կառուցման և դրա մոդելավորման հարցերը ժամանակակից ծրագրային փաթեթի օգնությամբ:

Իմպուլսային ցածրացնող լարման կերպափոխիչի ելքային լարման կայունացումը ձեռք է բերվում հետադարձ կապի միջոցով աշխատանքային ցիկլի մեծությունը կարգավորելու միջոցով [2,3]:

Կիսահաղորդչային տեխնոլոգիաների զարգացումը թույլ է տալիս ստեղծել թվային հետադարձ կապ, որը համարվում է անալոգայինին մրցակից (նկ.1):

Կերպափոխիչի թվային մասը կարող է իրականացվել ինչպես մեկ միկրոսխեմայում, այնպես էլ կազմված լինել առանձին միկրոսխեմաներից, որոնք պատկերված են կետագծերով նկար 1-ում:



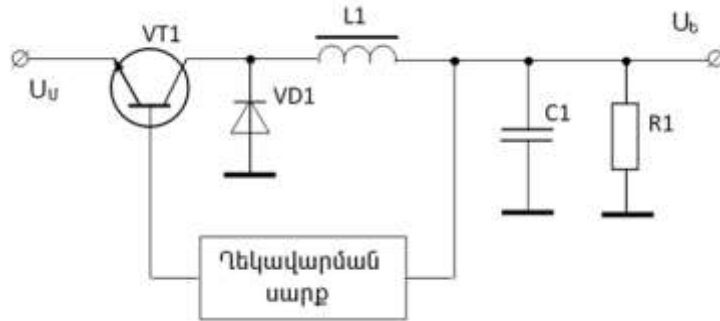
Նկար 1. Հետադարձ կապով թվային և անալոգային ցածրացնող կերպափոխիչի կառուցվածքային սխեման:

Թվային կերպափոխիչն ունի մի շարք առավելություններ և թերություններ՝ համեմատած անալոգային լարման կերպափոխիչի հետ: Օրինակ՝ ծրագրավորման գործընթացքում հնարավոր է հետադարձ կապի շղթայում փոխել ելքային լարման մեծությունը, առանց էլեկտրոնային տարրերը փոխարինելու:

Բայց ծրագրավորման գործընթացը պահանջում է ծրագրավորման լեզվի իմացություն:

Ինչպես թվային, այնպես էլ անալոգային կերպափոխիչներում կարգավորիչ հաշվարկելու համար անհրաժեշտ է լարման կերպափոխիչի հզորության մասի փոխանցման ֆունկցիան, որը ստացվում է ուժային հատվածի մաթեմատիկական մոդելից:

Ցածրացնող կերպափոխիչի սխեման պատկերված է նկար 2-ում:



Նկ. 2. Ցածրացնող կերպափոխիչի սխեման:

Նկ. 2-ում բերված է երկրորդային իմպուլսային կայունարարի սխեման, որտեղ VT1 տրանզիստորը փոխանցատվում է (լրիվ փակ վիճակից անցնում է լրիվ բաց վիճակի): VD1 դիոդը տրանզիստորի փակ վիճակի ընթացքում (tՓ) բացառում է L1 դրոսելի ինքնամակաձման հետևանքով առաջացած բարձր լարման առկայությունը, քանի որ տրանզիստորի փակ ժամանակ դրոսելի հոսանքը շարունակում է հոսել դիոդով: Այսպիսով, այդ ընթացքում բեռի հոսանքն ապահովվում է ոչ միայն կոնդենսատորի ունակությամբ, այլև դրոսելի ինքնամակաձմամբ, որը պայմանավորում է ելքային լարման լավ հարթումն առանց հզորության կորստի:

Իմպուլսային կայունարարի տարրերն ու հիմնական պարամետրերը որոշվում են հետևյալ կերպ. ենթադրենք մուտքային լարումն U_U է, ելքայինը (կայունացվածը)՝ $U_Ե$, իմպուլսների կրկնման հաճախությունը՝ f , հոսանքի դեկավարման գործակիցը՝ $\alpha = I_{Lmax}/I_0$:

Բաբախման առավելագույն լարումը՝

$$\Delta U_Ե = \frac{U_Ե}{8 \cdot L \cdot C \cdot f^2} \left(1 - \frac{U_Ե}{U_U} \right),$$

որտեղ $\frac{U_Ե}{U_U} = \frac{t_p}{T}$:

Դրոսելի ինդուկտիվությունը՝

$$L = \frac{R_p \cdot \left(1 - \frac{U_b}{U_u}\right)}{2 \cdot f \cdot (\alpha - 1)} :$$

Կոնդենսատորի ունակությունը՝

$$C = \frac{U_b}{8 \cdot \Delta U_b \cdot L \cdot f^2} \left(1 - \frac{U_b}{U_u}\right) :$$

Դրոսելի միջուկն ընտրելու համար անհրաժեշտ է դրոսելի մագնիսական դաշտի էներգիայի առավելագույն արժեքը՝

$$E = \frac{L \cdot I_{L \max}^2}{2} :$$

Իմպուլսային ցածրացնող կերպափոխիչի դիֆերենցիալ հավասարումը, ըստ Կոշի թեորեմայի, կարող ենք ներկայացնել հետևյալ համակարգի տեսքով :

$$\begin{cases} \frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L} (V_{in} * d - U_{out}) \\ \frac{dU_{out}}{dt} = \frac{1}{C} (i_L - i_{out}) \end{cases} \quad (1)$$

որտեղ՝

i_L – ինդուկտիվ կոճի միջով անցնող հոսանքի մեծությունն է
 d – աշխատանքային ցիկլերի քանակն է
 i_{out} – բեռի հոսանքն է:

(1) հավասարումից ստանում ենք մուտքային լարման և աշխատանքային ցիկլի արտադրյալը.

$$V_{in} * d = L \frac{di_L}{dt} + U_{out}$$

(2)

(2) հավասարման մեջ կիրառելով Լապլասի ձևափոխությունը՝ կստանանք՝

$$V_{in} * d = L * i_L * s + U_{out}$$

(3)

(1) հավասարման երկրորդ տողի հավասարումից ստանում ենք i_L

$$\frac{dU_{out}}{dt} = \frac{1}{C} \left(i_L - \frac{U_{out}}{R_{load}} \right) \quad (4)$$

$$i_L = C \frac{dU_{out}}{dt} + \frac{U_{out}}{R_{load}}$$

(5)

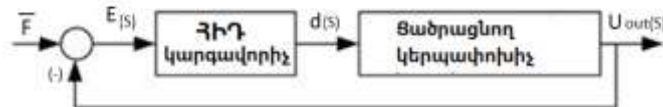
(5) հավասարման մեջ կիրառելով Լապլասի ձևափոխությունը կստանանք՝

$$i_L = C * U_{out} * s + \frac{U_{out}}{R_{load}} \quad (6)$$

Տեղադրելով (6)-ը (3) հավասարման մեջ և կատարելով անդամների վերադասավորում՝ ստանում ենք բաց համակարգի փոխանցման ֆունկցիան:

$$\frac{U_{out}(s)}{d_s} = \frac{\frac{V_{in}}{L-C}}{s^2 + s\left(\frac{1}{R_{load}-C}\right) + \left(\frac{1}{L-C}\right)} \quad (7)$$

Բացասական հետադարձ կապով կառավարման դասական սխեման ներկայացված է նկար 3-ում:



Նկ. 3. Փակ համակարգի կառուցվածքային սխեմա:

Համակարգի կարգավորիչի նպատակն է շտկել կառավարման օբյեկտի դինամիկ հատկությունները կառավարող $d(s)$ ազդանշանի օգնությամբ այնպես, որ իրական ելքային $U_{out}(s)$ ազդանշանը հնարավորինս քիչ տարբերվի ցանկալի ելքային ազդանշանից: Կարգավորիչը ստեղծում է կառավարում՝ օգտագործելով կարգավորիչի $\vec{F}$ սխալը:

Համակարգի դինամիկ հատկությունները գնահատելու համար հաճախ հաշվի է առնվում մեկ փուլային ազդեցությունը: Անցողիկ պրոցեսը/ գործընթացը/ պետք է համապատասխանի սահմանված որակի ցուցիչներին, որոնք ներառում են անցողիկ գործընթացի ժամանակը, գերկարգավորումը և տատանումը:

Կարող են օգտագործվել նաև անցողիկ գործընթացի որակի ինտեգրալ գնահատականներ:

Կարգավորիչի փոխանցման ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$TF = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i * s} + T_d * s\right) \quad (8)$$

Նկար 3-ում պատկերված համակարգի ընդհանուր փոխանցման ֆունկցիան որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$W_{\text{ընդ}} = \frac{W_1 * W_2}{1 + W_1 * W_2} \quad (9)$$

(9) բանաձևի մեջ տեղադրելով (7), (8) հավասարումները, որտեղ, $W_1 = \frac{U_{out}(s)}{d_s}$ և $W_2 = TF$, կատարում ենք պարզեցում և ստանում իմպուլսային նվազող լարման կերպափոխիչի դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի ընդհանուր փոխանցման ֆունկցիան՝

$$H(s) = \frac{(K_p * T_d * T_i * S^2 + K_p * T_i * S + K_p) \left(\frac{V_{in}}{L - C} \right)}{S^2 + \left(\frac{1}{R - C} + \frac{V_{in} - K_p - T_d}{L - C} \right) S + \frac{(1 + V_{in} - K_p)}{L - C} S + \frac{V_{in} - K_p}{L - C - T_i}} \quad (10)$$

Նկար 2-ում պատկերված էլեկտրական շղթայի տարրերի գնահատականները հաշվարկվում են լարման կերպափոխիչի համար սահմանված պահանջների և էլեկտրամատակարարման ցանցի հայտնի մուտքային պարամետրերի հիման վրա՝

$$E_{in \max} = 36\text{Վ}; U_{\text{ելբ}} = 5\text{Վ}; f_{sw} = 200\text{կՀց}; I_{\text{ելբ}} = 5\text{Ա}; \Delta U = 0,1\text{Վ}; U_{\text{ripple}} = 0,04\text{Վ}$$

որտեղ՝

ΔU – ելքում լարման առավելագույն շեղումն է

U_{ripple} – ելքում լարման բաբախումներն են:

Որոշենք ինդուկտիվ կոճի հոսանքի իմպուլսների գործակիցը, ինդուկտիվության արժեքը և ելքային կոնդենսատորի ունակությունը:

$$LIR = \frac{\text{ցանկալի բաբախումներ}}{\text{քեռի հոսանք}} = \frac{0,3\text{Ա}}{5\text{Ա}} = 0,06 \quad (11)$$

$$L = (E_{in \max} - U_{\text{ելբ}}) * \frac{U_{\text{ելբ}}}{E_{in \max}} * \frac{1}{f_{sw}} * \frac{1}{LIR * I_{\text{ելբ}}} = 7,176 * 10^{-5} \text{հն} \quad (12)$$

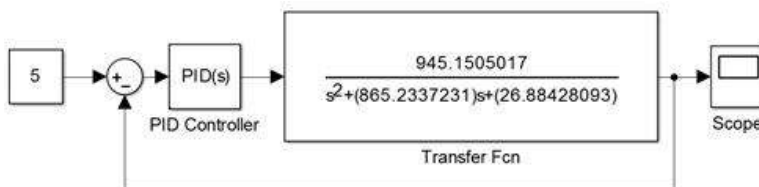
$$C = \frac{[L * (I_{\text{ելբ}} + \frac{\Delta I}{2})^2]}{(\Delta U - U_{\text{ելբ}})^2 - (U_{\text{ելբ}})^2} = \frac{[L * (I_{\text{ելբ}} + \frac{(E_{in \max} - U_{\text{ելբ}}) - \frac{U_{\text{ելբ}}}{E_{in \max}} - \frac{1}{f_{sw}} - \frac{1}{L}}{2})^2]}{(\Delta U - U_{\text{ելբ}})^2 - (U_{\text{ելբ}})^2}$$

(13)

$$C = 1,884 * 10^{-3} \text{Ֆ}$$

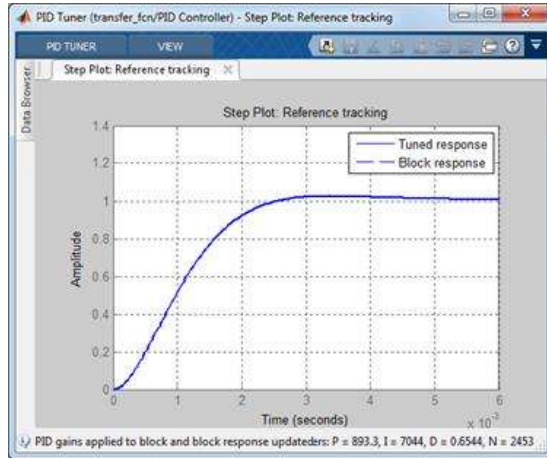
(7) հավասարման մեջ տեղադրենք (12,13)-երի ստացված արժեքները և նախնական տվյալները [3]:

«Simulink»-ով հավաքենք բլոկ-սխեմա / Նկ. 4/:



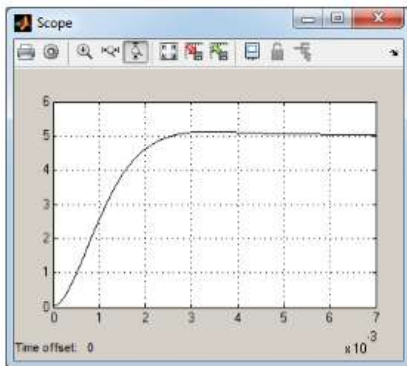
Նկ. 4. Փակ համակարգի կառուցվածքային սխեման՝ հավաքված «Simulink» - ու:

«Simulink»-ով ստացված կարգավորիչի բնութագրերը պատկերված են նկար 5-ում:

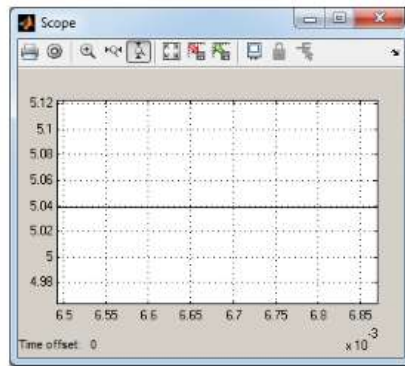


Նկ.5. Կարգավորիչի բնութագիրը

Մոդելավորելով փոխանցման ֆունկցիան, ստանում ենք ելքային լարման պատկերները, որոնք ներկայացված են նկար 6-ում:



А) Общая осциллограмма



Б) Осциллограмма стабилизированного напряжения

Նկ 6. Մոդելավորման արդյունքում ստացված ելքային լարման բնութագրերը

ա/ ընդհանուր բնութագիրը, բ/ կայունացված ելքային բնութագիրը:

Այսպիսով, հողվածում դիտարկվեցին հետևյալ հարցերը՝

- ցածրացնող լարման կերպափոխիչի բաց և փակ փոխանցման ֆունկցիաների կառուցում,
- ցածրացնող լարման կերպափոխիչի համար կարգավորիչի կարգավորումները «Simulink»-ում:

Վերլուծելով ժամանակակից ծրագրային փաթեթի օգնությամբ քննարկվող մոդելավորման հարցերը և ստացված ելքային լարման օսցիլոգրամմաները՝ կարելի է եզրակացնել, որ իմպուլսային ցածրացնող լարման կերպափոխիչում կարելի է լարումը կայունացնել հետադարձ կապի միջոցով աշխատանքային ցիկլի մեծությունը կարգավորելու դեպքում:

Օգտագործված գրականության ցանկ

1. Բարեղամյան Գ. Վ., Ուժային էլեկտրոնային սարքավորումներ ,Ուսումնական ձեռնարկ, Երևան, ՀՊՃՀ, 2006, 168 էջ:
2. Попков О. З., Основы преобразовательной техники, Москва, Издательский дом МЭИ, 2007, 200 с.
3. Щербаков В. С., «Автоматические системы управления в среде Matlab-Simulink», 2010 ,300 с.

DISCUSSION OF ISSUES RELATED TO THE CONSTRUCTION OF A PULSED-STEP-DOWN VOLTAGE CONVERTER AND ITS MODELING

HAKOBYAN MAMIKON

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: hmamik@mail.ru

Voltage converters are used to convert one DC voltage level to another level, and the average value of the output voltage can be adjusted (stabilized). Their work is based on the method of pulsed electrical energy conversion, in which the input DC voltage is converted, as a rule, into a rectangular pulse voltage and then smoothed by a filter. Load voltage regulation is carried out by changing the ratio of pulse duration and pause time.

The main characteristic parameters of transformer equipment are efficiency, power factor and other energy parameters. One of the main problems of transformer engineering is the development of methods for calculating electrical circuits of transformers necessary for the design of transformer equipment.

The article discusses the development, construction and modeling of electrical circuits of a pulsed-down converter using a modern software package.

Keywords: *Step-down voltage converter, electricity, stabilized voltage, modeling, supply voltage source, switching stabilizer, feedback.*

ОБСУЖДЕНИЕ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ПОСТРОЕНИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ПОНИЖАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЕГО МОДЕЛИРОВАНИЕМ

АКОПЯН МАМИКОН

Кандидат технических наук, доцент

Профессор ГГУ

электронная почта: hmamik@mail.ru

Преобразователи напряжения используются для преобразования одного уровня постоянного напряжения в другой уровень, при этом среднее значение выходного напряжения может регулироваться (стабилизироваться). Их работа основана на методе импульсного преобразования электрической энергии, при котором входное постоянное напряжение преобразуется, как правило, в прямоугольное импульсное напряжение, а затем сглаживается фильтром. Регулирование напряжения нагрузки осуществляется путем изменения соотношения длительности импульса и времени паузы.

Основными характеристическими параметрами трансформаторного оборудования считаются коэффициент полезного действия, коэффициент мощности и другие энергетические параметры. Одной из основных проблем трансформаторостроения является разработка методов расчета электрических схем трансформаторов, необходимых для проектирования трансформаторного оборудования.

В статье рассматривается обсуждение вопросов разработки, построения и моделирования электрических схем импульсного понижающего преобразователя с помощью современного программного комплекса.

Ключевые слова: понижающий преобразователь напряжения, электроэнергия, стабилизированное напряжение, моделирование, источник питающего напряжения, импульсный стабилизатор, обратная связь.

Հոդվածը ներկայացվել է խմբագրական խորհուրդ 03.12.2024թ.:

Հոդվածը գրախոսվել է 20.12.2024թ.:

Ընդունվել է տպագրության 25.04.2025թ.: