

Գ.Ե. ԱՅՎԱԶՅԱՆ, Դ.Վ. ԱՂԱԲԵԿՅԱՆ

ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՄՈՂՈՒԼՆԵՐԻ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ
ՇԱՀԱԳՈՐԾՄԱՆ ԻՐԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Վերլուծվել է արևային մոդուլների շահագործման իրական պայմանների (արևային ճառագայթման ինտենսիվություն, միջավայրի ջերմաստիճան, քամու արագություն) ազդեցությունը դրանց ելքային բնութագրերի վրա: Առաջարկվել է անալիտիկ արտահայտություն, որը թույլ է տալիս մոտարկել արևային մոդուլների ջերմաստիճանը: Մշակվել է մոդուլների անձնագրային տվյալների հիման վրա դրանց աշխատանքային հզորության գնահատման ալգորիթ: MatLab-Simulink նմանակային մոդելավորմամբ ցույց է տրվել, որ միջավայրի և արևային մոդուլի ջերմաստիճանների նույնացումը հանգեցնում է արևային մոդուլի աշխատանքային հզորության գնահատման՝ մինչև 20% սխալանքներ:

Առանցքային բառեր. արևային մոդուլ, ճառագայթման ինտենսիվություն, միջավայրի ջերմաստիճան, քամու արագություն, հզորություն:

Ներածություն: Արևային էներգիայի՝ անմիջական կիրառման համար անհրաժեշտ էլեկտրական էներգիայի փոխակերպումը կատարվում է արևային կայանների միջոցով: Դրանց առանցքային հանգույցը կիսահաղորդչային (հիմնականում՝ սիլիցիումային) արևային էլեմենտներն են, որոնցից հաջորդաբար և/կամ գուցա հեռ միացումներով հավաքվում են արևային մոդուլներ [1]:

Արևային կայաններն ունեն մի շարք առավելություններ. անձայն են, էկոլոգիապես մաքուր և չեն պահանջում շահագործման մեծ ծախսեր: Այս կայանների կիրառումն արդիական է հատկապես սահմանափակ բնական պաշարներ և աղքատ հանածո վառելիք ունեցող, սակայն արևային ճառագայթային էներգիայի ռեսուրսներով բավականին հարուստ այնպիսի երկրների համար, ինչպիսին է մեր հանրապետությունը: Դրան նպաստում են նաև այս ոլորտում ՀՀ կառավարության կողմից իրականացվող օրենսդրության և կարգավորվող դաշտի բարեփոխումները, մասնավորապես, այսպես կոչվող, “Net-metering” ռեժիմի վերաբերյալ օրենսդրական փաթեթի ընդունումը [2]:

Ներկայումս ՀՀ-ում անհատական կիրառման և արտադրական (կոմերցիոն) նշանակության արևային կայանների տեղակայումն իրականացվում է կամ ներկրվող, կամ էլ արտասահմանյան սիլիցիումային արևային էլեմենտների հիման վրա հավաքված տեղական արտադրության արևային մոդուլներով:

Արևային մոդուլների ելքային բնութագրերը, այդ թվում՝ նաև աշխատանքային հզորությունը կախված են շահագործման մի շարք գործոններից, մասնավորապես, արևային ճառագայթման ինտենսիվությունից և անկման անկյունից, միջավայրի ջերմաստիճանից, քամու արագությունից, բեռնվածքի դիմադրությունից և այլն [1, 3]: Սակայն արևային մոդուլների անձնագրերում նշվում են տվյալներ, այդ թվում՝ մոդուլի առավելագույն (դրվածքային) հզորությունը, որոնք ստացված են որոշակի թեստավորման պայմանների դեպքում: Դրանք հիմնականում չեն համապատասխանում շահագործման իրական պայմաններին, իսկ աշխատանքային հզորության գնահատումներն իրականացնելիս հաճախ հաշվի է առնվում միայն արևային ճառագայթման իրական ինտենսիվությունը: Որոշ դեպքերում էլ նույնացվում են միջավայրի և արևային մոդուլի ջերմաստիճանները: Այս ամենը հանգեցնում է արևային կայանների շահագործման արդյունավետության սխալ գնահատումների արդեն իսկ նախագծման փուլում:

Աշխատանքում տեսականորեն վերլուծվել է արևային մոդուլների շահագործման իրական պայմանների ազդեցությունը դրանց ելքային բնութագրերի, այդ թվում՝ աշխատանքային հզորության վրա:

Արևային մոդուլների թեստավորման պայմանները: Համաձայն Միջազգային Էլեկտրատեխնիկական Հանձնաժողովի (International Electrotechnical Commission) IEC 61853 “Photovoltaic Module. Power Rating” ստանդարտի՝ արևային մոդուլների թեստավորումն անհրաժեշտ է իրականացնել օդերևութաբանական և երկրաբանական որոշակի պայմաններում [4]: Կիրառվող հիմնական թեստային պայմաններն են. ստանդարտ թեստային պայմաններ - STC (Standard Test Conditions), էլեմենտի անվանական աշխատանքային ջերմաստիճան - NOCT (Normal Operating Cell Temperature), ֆոտովոլտային էլեմենտների ինժեներական համակարգերի կիրառման թեստային պայմաններ - PTC (Photovoltaics for Utility Systems Applications Test Conditions), բարձր ջերմաստիճանային պայմաններ - HTC (High Temperature Conditions), ցածր ճառագայթման պայմաններ - LIC (Low Irradiance Conditions), ցածր ջերմաստիճանային պայմաններ - LTC (Low Temperature Conditions): Աղ. 1-ում ամփոփված են թեստային տարբեր պայմանների պարամետրերը և տվյալները:

Արտադրողների կողմից արևային մոդուլների անձնագրերում, որպես կանոն, նշվում են ելքային բնութագրերը STC պայմաններում, որոնք համապատասխանում են Արեգակի հորիզոնի նկատմամբ $41,81^\circ$ բարձրության դեպքում դեպի հարավ ուղղված, հորիզոնի նկատմամբ 37° թեքված մակերևույթին ընկնող արևային ճառագայթման սպեկտրին և ինտենսիվությանը: Այդ պայմանները բնութագրում են արևային կեսօրն աշնանը կամ գարնանը, երբ արևային մոդուլի մակերևույթն ուղղահայաց է արևային ճառագայթներին:

Արևային մոդուլների թեստավորման տարբեր պայմանները

Պարամետր	STC	NOCT	PTC	HTC	LIC	LTC
Ճառագայթման ինտենսիվություն, W/m^2	1000	800	1000	1000	200	500
Արևային մոդուլի ջերմաստիճան, $^{\circ}\text{C}$	25	43...50	-	75	25	15
Միջավայրի ջերմաստիճան, $^{\circ}\text{C}$	-	20	20	-	-	-
Քամու արագություն, m/s	-	1	1	0	0	0
Երկրի մակերևույթից բարձրություն, m	-	-	10	-	-	-
Օդի զանգված	1,5					
Լույսի սպեկտր	ASTM G173-03					

Արևային մոդուլների անձնագրերում տրված են լինում STC պայմաններում պարապ ընթացքի լարումը (V_{oc}), կարճ միացման հոսանքը (I_{sc}), լարումն առավելագույն հզորության կետում (V_m), հոսանքն առավելագույն հզորության կետում (I_m) և հոսանքի ջերմաստիճանային գործակիցը (α_T): Անձնագրային մյուս տվյալները՝ առավելագույն հզորությունը (P_m), լցման գործակիցը (FF) և օգտակար գործողության գործակիցը (μ) ածանցյալ են վերը նշված տվյալներից և հաշվարկված են լինում հետևյալ բանաձևերով.

$$P_m = I_m V_m, FF = P_m / I_{sc} V_{oc}, \mu = P_m / G S,$$

որտեղ G -ն ճառագայթման ինտենսիվությունն է STC պայմաններին համապատասխան, S -ը՝ արևային մոդուլի լուսաընդունիչ մակերևույթի մակերեսը:

Որոշ դեպքերում որպես լրացուցիչ պարամետր տրվում է NOCT-ը, սակայն արդեն ոչ թե որպես թեստային պայմանների համակարգ, այլ որպես արևային մոդուլի շահագործման իրական ջերմաստիճան:

Արևային մոդուլների բնութագրերի հաշվարկը թեստային պայմաններում:

Արևային մոդուլի էլքային բնութագրերի հաշվարկն անձնագրային տվյալների հիման վրա մեծ ճշտությամբ կարելի է իրականացնել՝ օգտվելով արևային էլեմենտի մեկ դիոդային մոդելից [5]: Համաձայն այդ մոդելի՝ արևային էլեմենտի վոլտ-ամպերային բնութագիրը (ՎԱԲ) նկարագրվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V + R_s I)}{n k T_c} \right) - 1 \right] - \frac{V + R_s I}{R_{sh}}, \quad (1)$$

որտեղ V -ն և I -ն արևային էլեմենտի համապատասխանաբար լարումը և հոսանքն են, I_{ph} -ն՝ ֆոտոհոսանքը, I_0 -ն՝ հագեցման հոսանքը, q/kT_c -ն՝ ջերմային պոտենցիալը, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, T_c -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը, q -ն՝ էլեկտրոնի լիցքը, n -ն՝ իդեալականացնող (դիոդային) գործակիցը, R_s -ն՝

հաջորդական դիմադրությունը, որը ներառում է հպակների, p-n անցման բազա-էմիտեր տիրույթների և մետաղ-կիսահաղորդիչ անցման դիմադրությունները, R_{sh} -ն՝ զուգահեռ դիմադրությունը, որը բնութագրում է հոսանքի հնարավոր կո-րուստները p-n անցմանը զուգահեռ ուղղությամբ:

Արևային մոդուլները կազմված են հաջորդաբար և/կամ զուգահեռ միաց-ված արևային էլեմենտներից, հետևաբար՝ դրանց ՎԱԲ-ը կարելի է ներկայացնել հետևյալ արտահայտությամբ [1].

$$I_M = N_p I_{ph} - N_p I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V_M + R_S I_M N_S / N_p)}{n k T_c N_S} \right) - 1 \right] - \frac{V_M + R_S I_M N_S / N_p}{R_{sh} N_S / N_p}, \quad (2)$$

որտեղ V_M -ն և I_M -ն արևային մոդուլի համապատասխանաբար լարումը և հո-սանքն են, N_p -ն և N_s -ն՝ մոդուլում համապատասխանաբար զուգահեռ և հաջոր-դաբար միացված արևային էլեմենտների թվաքանակը:

Բերված արտահայտություններում անհայտ հինգ պարամետրերի (I_{ph} , I_0 , n , R_S , R_{sh}) արժեքները որոշվում են ըստ արևային մոդուլի անձնագրային տվյալ-ների (V_{oc} , I_{sc} , V_m , I_m , α_T): Այդ նպատակով կիրառվում են որոշակի մոտարկում-ներ և սահմանափակումներ [6-10], իսկ հաշվարկների համար օգտագործվում են համակարգչային պարզագույն ծրագրային միջավայրեր և գործիքներ. Matlab/Simulink, SPICE, EMTDC/PSCAD, LabVIEW և այլն [11]: Մասնավորապես, ընդունելով, որ n -ը հայտնի մեծություն է (սիլիցումային արևային էլեմենտների համար՝ կախված դրանց կառուցվածքային առանձնահատկություններից, այն ըն-կած է 1...1,5 միջակայքում), մնացած պարամետրերը հաշվարկում են հետևյալ արտահայտություններով [7].

$$I_{ph} = \frac{R_{sh} + R_S}{R_{sh}} I_{sc}, \quad (3)$$

$$I_0 = \frac{(R_{sh} + R_S) I_{sc} - V_{oc}}{R_{sh} \exp \left(\frac{q V_{oc}}{n k T_c} \right)}, \quad (4)$$

$$R_{sh} = \frac{(V_m + R_S I_m) \left[V_m - R_S (I_{sc} - I_m) - \frac{n k T_c}{q} \right]}{(V_m + R_S I_m) (I_{sc} - I_m) - \frac{n k T_c I_m}{q}}, \quad (5)$$

$$\frac{\frac{n k T_c}{q} V_m (2 I_m - I_{sc})}{[V_m I_{sc} + V_{oc} (I_m - I_{sc})] (V_m - R_S I_m) - \frac{n k T_c}{q} (V_m I_{sc} - V_{oc} I_m)} = \exp \left[\frac{q (V_m + R_S I_m - V_{oc})}{n k T_c} \right]: \quad (6)$$

Արևային մոդուլների բնութագրերի հաշվարկը շահագործման իրական պայ-մաններում: Դիտարկվող պահին շահագործման օդերևութաբանական պայման-ները հիմնականում բնութագրվում են տեղանքում արևային ճառագայթման ին-տենսիվությամբ (G_R), միջավայրի ջերմաստիճանով (T_{amb}) և քամու արագությ-

յամբ (W): Այս դեպքում խնդիրը բերվում է նախ արևային մոդուլների ջերմաստիճանի որոշմանը, իսկ այնուհետև (3)-(6) արտահայտություններով STC պայմանների դեպքում ստացված պարամետրերի վերահաշվարկմանը՝ ելնելով շահագործման իրական պայմաններից:

Արևային մոդուլների ջերմաստիճանը կարելի է մոտարկել հետևյալ բանաձևով [12].

$$T_R = aT_{amb} + bG_R - cW + d,$$

որտեղ a, b, c, d -ն կորելյացիայի գործակիցներ են և կախված են տեղանքի աշխարհագրական և երկրաբանական մի շարք գործոններից:

Նկ. 1-ում բերված են Հայաստանի պայմաններում օրվա կտրվածքով արևային ճառագայթման ինտենսիվության, քամու արագության, միջավայրի և արևային մոդուլի ջերմաստիճանների բնորոշ կորերը [13]:

Տարվա տարբեր ամիսներին իրականացված բազմաթիվ փորձնական չափումների վիճակագրական վերլուծության արդյունքում մեր կողմից առաջարկվել է արևային մոդուլի ջերմաստիճանի մոտարկման հետևյալ կախվածությունը.

$$T_R = 0,951T_{amb} + 0,0198G_R - 1,462W + 0,3471: \quad (7)$$

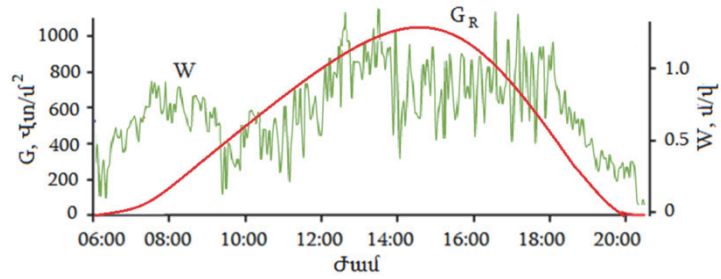
Արևային էլեմենտի ֆոտոհոսանքը և հազեցման հոսանքը շահագործման իրական պայմաններում համապատասխանաբար որոշվում են հետևյալ արտահայտություններով¹ [6-10].

$$I_{phR} = \frac{G_R}{G_{STC}} [I_{phSTC} + \alpha_T (T_R - T_{STC})], \quad (8)$$

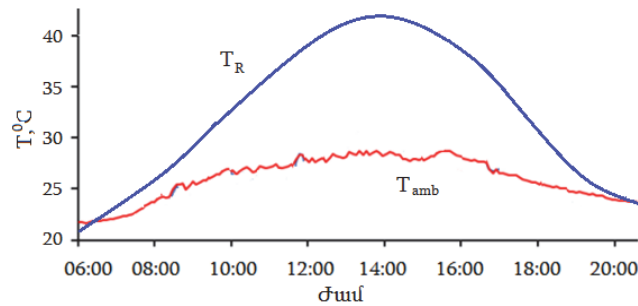
$$I_{0R} = I_{0STC} \left(\frac{T_R}{T_{STC}} \right)^3 \exp \left(\frac{E_{gSTC}}{kT_{STC}} - \frac{E_{gR}}{kT_R} \right), \quad (9)$$

որտեղ E_g -ն արևային էլեմենտի նյութի արգելված գոտու լայնությունն է:

¹ Այստեղ և հետագայում STC պայմաններին համապատասխան պարամետրերը նշանակված են “STC”, իսկ իրական պայմաններինը՝ “R” ենթատողային ինդեքսներով:



ա)



բ)

Նկ. 1. Արևային ճառագայթման ինտենսիվության, քամու արագության (ա), միջավայրի և արևային մոդուլի ջերմաստիճանների (բ) բնորոշ կորերն օրվա կտրվածքով

Ինչ վերաբերվում է շահագործման իրական պայմաններում մնացած 3 պարամետրերին, ապա բազմաթիվ տեսական և փորձնական գնահատումները ցույց են տալիս, որ դրանց համար իրավացի են հետևյալ մոտավորությունները [9, 10].

$$R_{shR} \approx \frac{G_R}{G_{STC}} R_{shSTC}, n_R \approx n_{STC}, R_{SR} \approx R_{STC}: \quad (10)$$

Այսպիսով, շահագործման իրական պայմաններում, երբ հայտնի են արևային ճառագայթման ինտենսիվությունը, միջավայրի ջերմաստիճանը և քամու արագությունը, արևային մոդուլի էլքային բնութագրերը որոշվում են հետևյալ ալգորիթով.

- արևային մոդուլի անձնագրային տվյալների $(V_{oc}, I_{sc}, V_m, I_m, \alpha_T)_{STC}$ հիման վրա գտնվում են ՎԱԲ-ի պարամետրերը $(I_{ph}, I_0, n, R_s, R_{sh})_{STC}$, օրինակ, (3)-(6) արտահայտություններով,

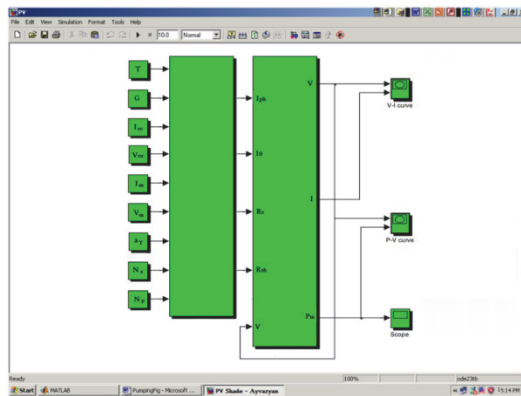
- (7) արտահայտությամբ մոտարկվում է արևային մոդուլի ջերմաստիճանը (T_R) ,

- (8)-(10) արտահայտություններով վերահաշվարկվում են ՎԱԲ-ի պարամետրերը շահագործման իրական պայմանների համար $(I_{ph}, I_0, n, R_s, R_{sh})_R$,

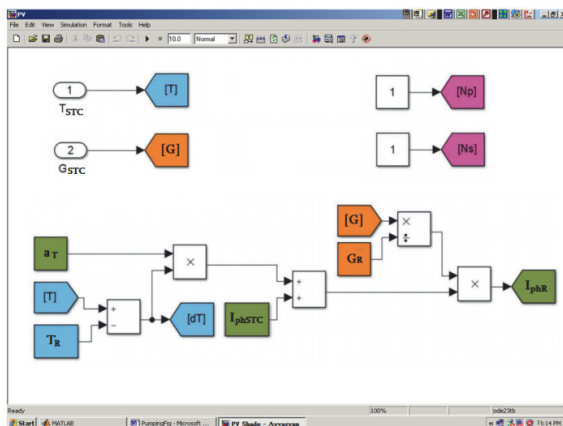
- (2) արտահայտությամբ որոշվում են արևային մոդուլի բնութագրերը և գնահատվում աշխատանքային հզորությունը (P_{MR}):

Արևային մոդուլի հզորության գնահատումը շահագործման իրական պայմաններում: Արևային մոդուլների բնութագրերի նմանակային մոդելավորման համար կիրառվել է MatLab-Simulink ծրագրային միջավայրը, որը հնարավորություն է տալիս, կառուցելով համապատասխան գրաֆիկական բլոկ-սխեմաներ, հեշտությամբ նմանակել և վերլուծել դիտարկվող համակարգի բնութագրերը շահագործման իրական պայմաններում:

Նկ. 2-ում բերված են արևային մոդուլի ՎԱԲ-ի որոշման Simulink գլխավոր մոդելը՝ համաձայն (2) արտահայտության, և ֆոտոհոսանքի որոշման Simulink ենթամոդելը՝ համաձայն (8) արտահայտության:



ա)



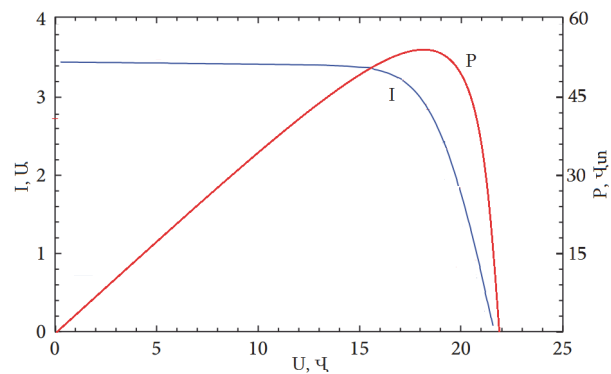
բ)

Նկ. 2. Արևային մոդուլի ՎԱԲ-ի որոշման Simulink գլխավոր մոդելը (ա) և ֆոտոհոսանքի որոշման Simulink ենթամոդելը (բ)

Արևային մոդուլների բնութագրերի մոդելավորումը և հզորության գնահատումն իրականացվել են $N_s=36$ հատ միաբյուրեղային սիլիցիումային արևային էլեմենտներից բաղկացած կոմերցիոն արևային մոդուլների հետևյալ անձնագրային տվյալներով. $I_{sc}=3,45 \text{ Ա}$, $V_{oc}=21,7 \text{ Վ}$, $I_m=3,15 \text{ Ա}$, $V_m=17,4 \text{ Վ}$ և $\alpha_T=0,014 \text{ Ա}^\circ\text{C}$:

MatLab-Simulink մոդելավորման արդյունքում ստացվել են ՎԱԲ-ի մոդելավորման հետևյալ պարամետրերը. $I_{ph}=3,457 \text{ Ա}$, $I_0=9,726 \cdot 10^{-8} \text{ Ա}$, $n=1,3$, $R_s=0,3 \text{ Օհմ}$, $R_{sh}=350 \text{ Օհմ}$:

Նկ. 3-ում բերված են մոդուլի ՎԱԲ-ը և վատտ-ամպերային բնութագիրը STC պայմաններում:



Նկ. 3. Արևային մոդուլի ՎԱԲ-ը և վատտ-ամպերային բնութագիրը STC պայմաններում

Աղ. 2-ում խմբավորված են արևային մոդուլի աշխատանքային հզորության գնահատման արժեքները շահագործման մի շարք պայմաններում:

Աղյուսակ 2

Արևային մոդուլի հզորության արժեքները շահագործման մի շարք պայմաններում

Շահագործման պայմաններ	G_R , Վտ/մ ²	1000	1000	1000	800	800	600	400	800	800
	T_{amb} , °C	5	20	40	5	40	5	5	40	40
	W , մ/վ	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	0
P_{mR} , Վտ		55,1	51,4	47,2	43,8	35,8	32,9	21,3	35,8	35,7

Ինչպես հետևում է աղյուսակից, արևային ճառագայթման ինտենսիվության նվազումը և միջավայրի ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում են արևային մոդուլի աշխատանքային հզորության փոքրացմանը: Քամու արագությունը դիտարկված տիրույթում գրեթե չի ազդում հզորության վրա:

Հզորության գնահատումը $P_{mR} \approx P_{mSTC} G_R / G_{STC}$ պարզեցված բանաձևով, որը, որպես կանոն, իրականացվում է անհատական կիրառման արևային կայանների նախագծման ժամանակ, կարող է հանգեցնել մինչև 20% սխալանքի, հատկապես

երբ արևային մոդուլի իրական ջերմաստիճանն ավելի քան 30°C -ով տարբերվում է STC պայմաններում նշված ջերմաստիճանից: Նմանատիպ սխալանքի կարող է հանգեցնել նաև $T_R \approx T_{amb}$ մոտարկումը:

Նշենք, որ իրականացված վերլուծության ժամանակ ընդունվել է, որ արևային ճառագայթները միշտ ուղղահայաց են արևային մոդուլի լուսաընդունիչ մակերևույթին, իսկ մոդուլը շահագործվում է հզորության առավելագույն կետում՝ MPP (Maximum Power Point): Այս գործոնները նույնպես էականորեն ազդում են արևային կայանների շահագործման արդյունավետության վրա [1, 14, 15]:

Եզրակացություն. Շահագործման իրական պայմաններում արևային մոդուլների էլքային բնութագրերի գնահատման համար անհրաժեշտ է վերահաշվարկել արտադրողների կողմից արևային մոդուլների անձնագրերում տրվող պարամետրերը: Միջավայրի և արևային մոդուլի ջերմաստիճանների նույնացումը հանգեցնում է արևային մոդուլի աշխատանքային հզորության գնահատման մինչև 20% սխալանքների:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Այվազյան Կ.Գ.** Բարձր արդյունավետությամբ արևային էլեմենտներ և կայաններ. - Եր.: Գասպրինտ, 2016. - 198 էջ:
2. **Այվազյան Գ.Ե., Աղաբեկյան Դ.Վ., Լախոյան Լ.Մ.** ՀՀ-ում արևային կայանների կիրառման արդի վիճակը և հեռանկարները // ՀՀԱ Լրաբեր. - 2018.- Հ. 15, N. 4. - Էջ 547-553.
3. Comprehensive Characterisation and Analysis of PV Module Performance under Real Operating Conditions / **A. Louwen, A.C. Waal, E.I. Schropp**, et al // Prog. Photovolt: Res. Appl.- 2017.- V. 25.- P. 218-232.
4. **Tamizhmani G., Paghasian K., Kuitche J.** Photovoltaic Module Power Rating per IEC 61853-1 Standard. A Study under Natural Sunlight. -Arizona, 2011. - 40 p.
5. **Humada A.M., Hojabri M., Mekhilef S.** Solar Cell Parameters Extraction Based on Single and Double-diode: A Review // Renew. Sustain. Energy Rev.- 2016.- V. 56.- P. 494-509.
6. **Chaibi Y., Allouhi A., Malvoni M.** Solar Irradiance and Temperature Influence on the Photovoltaic Cell Equivalent-circuit Models // Solar Energy.- 2019.- V. 188.- P. 1102-1110.
7. **Pindado S., Cubas J.** Simple Mathematical Approach to Solar Cell/Panel Behavior based on Datasheet Information // Renew. Energy.- 2017.- V. 103.- P. 729-738.
8. **Jena D., Ramana V.V.** Modeling of Photovoltaic System for Uniform and Non-uniform Irradiance: A Critical Review // Renew. Sustain. Energy Rev.- 2015. -V. 52.- P.400-417.
9. Photovoltaic Yield Prediction using an Irradiance Forecast Model based on Multiple Neural Networks / **S.P. Durrani, S. Balluff, L. Wurzer**, et al // J. Mod. Power Syst. Clean Energy.- 2018. - V. 6(2).- P. 255-267.

10. **Haider I., Nader A.** Variations of PV Module Parameters with Irradiance and Temperature // Energy Procedia. -2017.- V. 134. – P. 276–285.
11. **Sharma D.K., Verma A., Singh A.P.** Review and Analysis of Solar Photovoltaic Softwares // Int. J. of Current Eng. and Techn.- 2014.- V.4, N.2.- P. 726-735.
12. **Muzathik A.M.** Photovoltaic Modules Operating Temperature Estimation using a Simple Correlation // Int. J. of Energy Eng.- 2014.- V. 4, N. 4.- P. 151-158.
13. **Aghabekyan D.V.** GSM-Based Control System for Photovoltaic Stations // Proc. 12th Int. Conf. on Computer Sci. and Inf. Techn.- 2019.- P. 215-217.
14. **Աղաբեկյան Դ.Վ.** Արևին երկառնացք հետևող լուսազգայուն սովիչ // ՀՀԱ-ի Լրաբեր. - 2017.- Հ. 14, № 3.- Էջ 488-490.
15. **Ayvazyan K.G.** Maximum Power Point Tracking Algorithm for PV Arrays under Partially Shaded Conditions // Proc. 28th European PV Solar Energy Conf.- 2013.- P. 4060-4062.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 03.03.2020.

Г.Е. АЙВАЗЯН, Д.В. АГАБЕКЯН

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Проанализировано влияние реальных условий эксплуатации солнечных модулей (интенсивность солнечного излучения, температура окружающей среды, скорость ветра) на их выходные характеристики. Предложено аналитическое выражение, позволяющее аппроксимировать температуру солнечных модулей. Разработан алгоритм оценки рабочей мощности солнечных модулей на основе их паспортных данных. MatLab-Simulink моделированием показано, что отождествление температур окружающей среды и солнечного модуля приводит к погрешностям до 20% в оценке рабочей мощности солнечных модулей.

Ключевые слова: солнечный модуль, интенсивность излучения, температура окружающей среды, скорость ветра, мощность.

G.Ye. AYVAZYAN, D.V. AGHABEKYAN

ASSESSING THE POWER OF SOLAR MODULES UNDER REAL OPERATING CONDITIONS

The influence of real operating conditions of the solar modules (solar radiation intensity, ambient temperature, wind speed) on their output performances is analyzed. An analytical expression is proposed, allowing to approximate the temperature of the solar modules. An algorithm for assessing the operating power of solar modules based on their datasheet information has been developed. The MatLab-Simulink simulation has shown that the identification of ambient and solar module temperatures leads to errors of up to 20% in estimating the operating power of solar modules.

Keywords: solar module, radiation intensity, ambient temperature, wind speed, power.