

Ջ.Ս. ՄԵՎՈՅԱՆ, Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Գ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

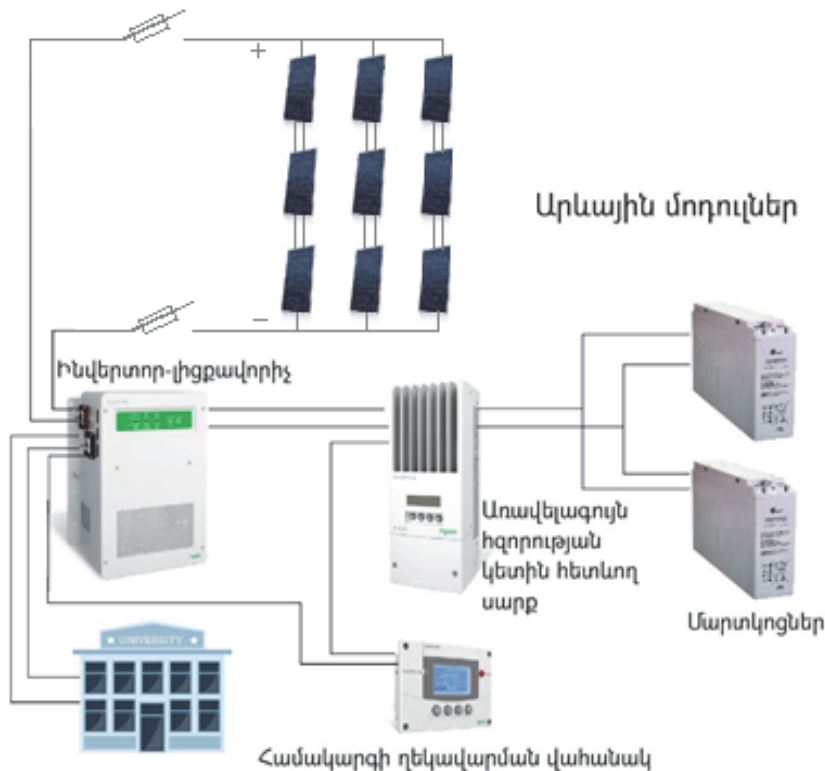
ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՔՆԱՎԱՐ ԿԱՅԱՆԻ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ
ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Ուսումնասիրվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի 2-րդ մասնաշենքում (Էներգետիկայի և էլեկտրատեխնիկայի ինստիտուտում) տեղադրված արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանի հզորության կառավարման մեթոդ: Առաջարկված մեթոդի հիման վրա մշակվել է համապիտանի ապարատաձրագրային միջոց, որը հնարավորություն է տալիս մշտադիտարկման արդյունքում ֆոտոէլեկտրական կայանի առավելագույն հզորության արժեքի ճշտությունը մեծացնել մինչև 10%:

Առանցքային բառեր. ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայան, ռեժիմների կառավարում, առավելագույն հզորություն, ապարատաձրագրային սարքավորում:

Ներածություն. Հայաստանի Հանրապետությունում արեգակնային ֆոտոէլեկտրակայաններն աշխատում են հիմնականում ինքնավար և էլեկտրական ցանցին միացված ռեժիմներով, որոնք պարունակում են արևային ճառագայթների տարբեր հզորությամբ կերպափոխիչների մարտկոցներ կամ ֆոտոէլեկտրական զենեռատորներ [1,2]: Արտադրված էլեկտրաէներգիայի մի մասի՝ կայանի էլեկտրաքիմիական կուտակիչներում կուտակումը անվանում են ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայան [3], իսկ արտադրված էլեկտրաէներգիայի՝ էլեկտրական ցանցին ամբողջությամբ փոխանցումը՝ ցանցին միացված ֆոտոէլեկտրական կայան [4]:

Ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանի (ԻՖԷԿ) կառուցման համար ավելի շատ կապիտալ ծախսեր են պահանջվում, քան ցանցին միացված ֆոտոէլեկտրական կայանների դեպքում: Մակայն ԻՖԷԿ-ն ունի առավելություն ցանցին միացված ֆոտոէլեկտրական կայանի համեմատ, քանի որ անկախ է էլեկտրական ցանցի վիճակից՝ ցանցում էլեկտրաէներգիայի առկայությունից և վթարային անջատումներից. այն նաև անխափան էլեկտրասնուցման սեփական աղբյուր է: Այսպիսով, ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանները մշակված և կառուցված են տարբեր հզորություններով և կիրառական նպատակներով գործելու համար: Անմիջապես էլեկտրաէներգիա արտադրող և կուտակող արևային ֆոտոէլեկտրական կայանները անհատական բնակարաններին և հասարակական շինություններին անխափան էլեկտրաէներգիայով ապահովելու մեծ հեռանկար ունեն [5]: Կայանի ֆոտոզենեռատորների ֆոտոէլեկտրական մոդուլները միացվում են հաջորդաբար կամ զուգահեռ էլեկտրական շղթաներով, որպեսզի կայանն ապահովեն անհրաժեշտ լարումով և հոսանքով (նկ.1):



Նկ. 1. Արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանի հիմնական սարքերի սխեմատիկական միացումները

Աշխատանքում ուսումնասիրվում է ՀԱՊՀ-ի ԷԷԻ-ի 2-րդ մասնաշենքում տեղադրված մինչև 2,5 կՎտ հզորությամբ ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանի կառուցվածքը, որի հիմնական բլոկների սխեմատիկական միացումների տեսքը բերված է նկ.1-ում: Կայանի 9 ֆոտոէլեկտրական մոդուլները միացված են հաջորդաբար և զուգահեռ շղթաներով: Ֆոտոէլեկտրական գեներատորից համապատասխան հաստատուն հոսանքը 30 Վ և 8,06 Ա մալուխի միջոցով՝ (30 Վ լարումը անվտանգ է համարվում օգտագործման տեսանկյունից) տանիքից իջեցվել է շենքի երրորդ հարկ, որտեղ առանձին ստենդի վրա տեղադրված են ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանը համալրող մյուս հիմնական սարքավորումները:

Ռեժիմների ընտրությունը. Ցանկացած էներգահամակարգում, ինչպես նաև արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանում առկա են այնպիսի ռեժիմային պարամետրերի շարունակական փոփոխություններ, որոնց ճիշտ ընտրության և մշտադիտարկման պարագայում կարելի է հասնել կայանի առավելագույն հզորությանը: Պարամետրերից են հաճախականությունը, լարումը և այլն [6]: Հիմնական են բնականոն, անցումային և հետվթարային ռեժիմները [7]:

Դիտարկենք ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանների հնարավոր ռեժիմները:

Բնականոն ռեժիմի պարագայում պարամետրերն ունենում են ընդունելի, նվազագույն և կարճաժամկետ շեղումներ, այդ թվում՝ երբ բեռի փոփոխությունը տեղի է ունենում այնպիսի արագությամբ, որի դեպքում էլեկտրակայանը կարող է արագ կարգավորել ռեժիմի պարամետրերը:

Անցումային ռեժիմը համակարգի կայուն վիճակից անցումն է մեկ այլ վիճակի՝ կախված արևային հոսքի անսպասելի փոփոխություններից: Ռեժիմի նման փոփոխություն կարող է տեղի ունենալ նաև սխեմայում վթարային իրավիճակների պատճառով: Անցումային ռեժիմը կարող է լինել սիմետրիկ կամ ասիմետրիկ, կարճատև կամ երկարատև:

Հետվթարային կարճատև ռեժիմի դեպքում համակարգն աշխատում է մեծ բեռնվածությամբ: Այս ռեժիմը կարող է կիրառվել, եթե համակարգը բավարարում է տեխնիկական պայմանները:

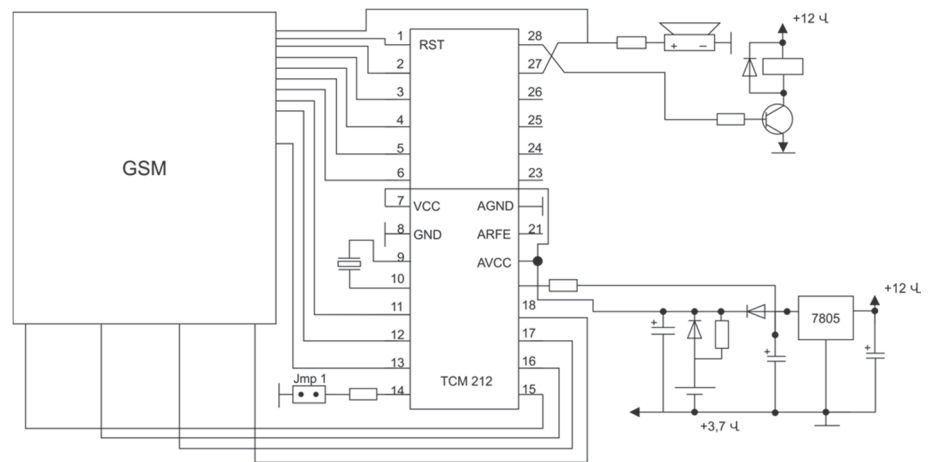
Հաշվի առնելով վերոնշյալ ռեժիմների տարանջատումը, կախված արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանում աշխատանքային ռեժիմների ընտրությունից, կառավարվող-չկառավարվող փոփոխությունից և մշտադիտարկումից, հնարավոր է կանխատեսել կայանի առավելագույն հզորությունը: Ուսումնասիրվել են կայանի աշխատանքային ռեժիմների վրա ազդող բաղկացուցիչ սարքերը և հետևյալ մասերը (նկ.1). *ապահովիչները, մոնտաժման հանգույցները, չափիչ և հսկիչ սարքերը, ինվերտորը, որը նաև պարունակում է էլեկտրաքիմիական կուտակիչների լիցքավորման և լիցքաթափման սխեմաներ, արևային մոդուլների անկյունների ստվերումների, արևային մոդուլների վրա տեղադրված շրջանցող և արգելակող դիոդները: Միացնող և անջատող ապահովիչներն* ապահովում են այս կայանի անվտանգ, առանց խափանումների աշխատանքը՝ անալոգային գործիքակազմի միջոցով: Ապահովիչներն իրենց գործառնություններն իրականացնում են առաջացած խնդիրների դեպքում, անջատելով սխեմաների աշխատանքը, ուստի կայանի *միացնող և անջատող ապահովիչները* զերծ են պահում կայանը հզորության փոփոխության ժամանակ առաջացող հնարավոր խնդիրներից և կարգավորում էլեկտրաքիմիական կուտակիչներում էներգիայի պահուստավորումը և սպառումը [3]: Լիցքաթափման սխեմաների ռեժիմների ընտրությունները բխում են կայանի՝ սպառիչներին միացված ժամանակ առաջացող էլեկտրաքիմիական մարտկոցների լիցքագերծումը չթույլատրող բնույթից: Արևային մոդուլների վրա տեղադրված շրջանցող դիոդները անկյունների ստվերումների դեպքում փոխադարձաբար կարող են փոփոխել միայն մոդուլների հոսանքի ուղղությունը: Արդյունքում ստացվում է, որ առաջարկվող աշխատանքային ռեժիմների ընտրությունը և կառավարումը չեն կարող ազդեցություն ունենալ արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանի առավելագույն հզորության բարձրացման վրա:

Ինքնավար կայանի բաղկացուցիչ մասերի ռեժիմների ընտրություն և դեկավարումը կարող են փոփոխելի լինել համակարգի մշտադիտարկման արդյունքների միջոցով: Աշխատանքի նպատակն է ինքնավար արևային կայանների համար զարգացնել է **Rooftop Solar Photovoltaic (RSP) համակարգը** (թարգմանաբար՝ տանիքում արևային ֆոտոէլեկտրական մշտադիտարկման համակարգ) [8], որը մեծացնում է մոնիտորինգային համակարգերի և կայանների ինտեգրումը՝ հնարավորություն տալով իրականացնելու մշտադիտարկումներ, երկարացնելով ֆոտոէլեկտրական կայանի գործունեության տևողությունը և ստանալու հնարավոր առավելագույն հզորությամբ որոնման մեթոդ:

Հաշվի առնելով՝ RSP համակարգը և առավելագույն հզորության կետն ընտրելու համար հայտնի ու տարածված խոտորման և դիտարկման (perturb and observe) մեթոդը [9], առաջարկվում է կիրառել մշտադիտարկման նոր ալգորիթմով համակարգ, որը հնարավորություն է ընձեռում, փոփոխելով գործող լարումը կամ հոսանքը, կրճատել հզորության (նախապես ընտրված տիրույթում) առավելագույն կետին հասնելու ժամանակը և որպես արդյունք՝ մեծացնել ճշտությունը:

Այս մեթոդն արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանի դեպքում կիրառելու համար անհրաժեշտ է կայանին միացնել ապարատաձրագրային միջոց, որը կաշխատի համապատասխան ալգորիթմով և ծրագրային միջոցով: Այդպիսի համակարգ է M2M տեխնոլոգիայով աշխատող GSM համապիտանի կառավարող սարքը: Այն բարձրացնում է փոխանակվող տվյալների անվտանգությունը, հուսալիությունը և հնարավորություն է տալիս ինքնավար էլեկտրակայանի ռեժիմի կառավարման գործընթացն ամբողջապես դարձնել ավտոմատ: Այս դեկավարող սարքի մշակված սխեման բերված է նկ. 2-ում:

Նկ.2-ում ներկայացված է RSP համակարգի ներդրմամբ, perturb and observe մեթոդի օգտագործմամբ նախագծված M2M տեխնոլոգիայով աշխատող GSM համապիտանի դեկավարող սարքի սխեման: Այն մշակվել է TMC-212 կոնտրոլերի և SIM900 տեխնոլոգիայի հենքի վրա [10]: Սարքն իրագործում է բազմաթիվ գործառնություններ՝ առաջնային մոդուլային կոնստրուկցիա: Հիշողության մեջ, նախապես օբյեկտակոդմնորոշված ծրագրային C (սի) լեզվով գրված ծրագրի ներբեռնումից հետո, այն կցագրվում է ինքնավար ֆոտոէլեկտրական կայանին և իրականացնում է դեկավարում-մշտադիտարկում:



Նկ.2. M2M տեխնոլոգիայով աշխատող GSM համապիտանի ղեկավարող սարքը

GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և միացման սխեմայի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. TCM 212 կոնտրոլերը ստանում է ազդանշաններ GSM սարքից՝ 1...14 մուտքերի միջոցով, կոմբինացիաների դեպքում համապատասխան ելքերից նոր ազդանշան է փոխանցում: RST-ն նախատեսված է GSM սարքը գործարանային վիճակի բերելու համար: Մյուս նշումները համապատասխանում են կոնտրոլերի կառուցվածքին:

M2M տեխնոլոգիայով աշխատող GSM համապիտանի ղեկավարող սարքի և perturb and observe մեթոդի օգտագործմամբ նախագծված RSP համակարգը մոդելավորվել է MatLab և SimuLink ծրագրային միջավայրերում: Աղյուսակում ներկայացված են մինչև RSP համակարգի կիրառումը և դրանից հետո $I_{sc}(A)$, $U_{oc}(V)$ և $P_{hom}(W)$ ստացված արժեքների փոփոխությունները: Ծրագրված մոդելում որևէ պարամետրի փոքր-ինչ ε փոփոխությունը կարող է հանգեցնել սպասված արդյունքի շեղման, ինչից հետևում է, որ 10%-ը բացարձակ մեծություն չէ և կարող է ունենալ շեղում:

Աղյուսակում և նկ. 3-ում բերված արդյունքները ցույց են տալիս, որ RSP մշտադիտարկման համակարգի ներդրումը հանգեցնում է $I_{sc}(A)$, $U_{oc}(V)$ -ի միջակայքերի կրճատման, բայց և՛ դիտարկվող կետերի թվի պահպանման, ինչն էլ, իր հերթին, նույն հոսանքի ուժի և լարման շրջակայքում, ըստ MatLab և SimuLink ծրագրային միջավայրերում կատարված հաշվարկների, թույլ է տալիս մեծացնել հզորության առավելագույն արժեքի ճշտությունը՝ նախկինում եղած արժեքների համեմատ 10%-ով:

Աղյուսակ*

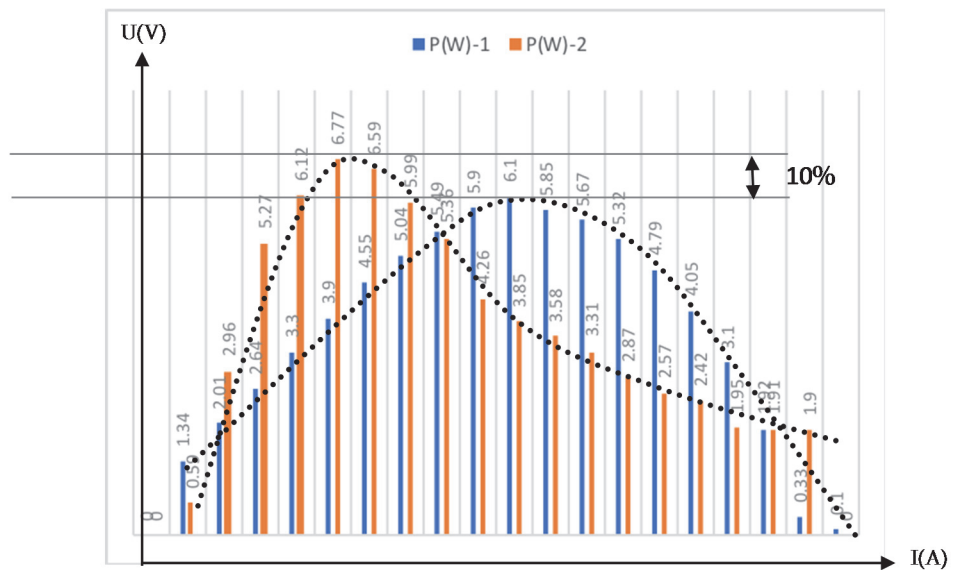
I(A)	U(V)	P(W)-1
0.67	0.00	0.00
0.67	2.00	1.34
0.67	3.00	2.01
0.66	4.00	2.64
0.66	5.00	3.30
0.65	6.00	3.90
0.65	7.00	4.55
0.63	8.00	5.04
0.61	9.00	5.49
0.59	10.00	5.90
0.53	11.50	6.10
0.45	13.00	5.85
0.42	13.50	5.67
0.38	14.00	5.32
0.33	14.50	4.79
0.27	15.00	4.05
0.20	15.50	3.10
0.12	16.00	1.92
0.02	16.50	0.33
0.01	16.52	0.10

ա)

I(A)	U(V)	P(W)-2
0.71	0.00	0.00
0.69	0.85	0.59
0.68	4.36	2.96
0.66	7.99	5.27
0.64	9.56	6.12
0.60	11.28	6.77
0.51	12.92	6.59
0.43	13.94	5.99
0.37	14.49	5.36
0.28	15.20	4.26
0.25	15.40	3.85
0.23	15.58	3.58
0.21	15.74	3.31
0.18	15.93	2.87
0.16	16.05	2.57
0.15	16.15	2.42
0.12	16.24	1.95
0.12	16.47	1.91
0.12	16.50	1.90
0.00	17.94	0.00

բ)

* Հաշվարկը կատարվել է՝ ա) առանց RSP համակարգի ներդրման մեթոդով, բ) RSP համակարգի ներդրման մեթոդով:



Նկ.3. Արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանի P(W)-1 և P(W)-2 առավելագույն հզորությունների տարբերության գրաֆիկը

Եզրակացություն. ուսումնասիրվել են ՀԱՊՀ 2-րդ մասնաշենքի Էներգետիկայի և էլեկտրատեխնիկայի ինստիտուտում տեղադրված ինքնավար արևային ֆոտոէլեկտրական կայանի համակարգի՝ աշխատանքային պայմանների փոփոխություններից կախված հնարավոր ռեժիմները (ռեժիմներից յուրաքանչյուրը ներառում է կայանի բաղկացուցիչ մասերի որոշակի խմբաքանակ, որոնց աշխատանքի փոփոխությունը հանգեցնում է հաջորդող մասերի աշխատանքի փոփոխությանը՝ շղթայական ռեակցիայի սկզբունքով):

Կայանի առավելագույն հզորության կետի որոշման համար ընտրվել է (perturb and observe) պարզագույն մեթոդը, որի հիման վրա էլ ստեղծվել է մշտադիտարկման համակարգը (RSP), ըստ որի՝ հոսանքի ուժի և լարման փոփոխության նույն միջակայքի դեպքում նոր մեթոդի կիրառմամբ P(W)-2 հզորության առավելագույն արժեքի ճշտությունը մեծանում է 10 %-ով:

Հետևաբար՝ մշակված ծրագրային ալգորիթմը մեծացնում է արևային ֆոտովոլտային (PV) համակարգի արդյունավետությունը և նվազեցնում ներկայումս վերահսկողության բացակայության պատճառով վատնվող էներգիան:

Առաջարկվող GSM հեռակառավարող սարքավորումը թույլ է տալիս արդեն իսկ գոյություն ունեցող ֆոտովոլտային (PV) համակարգը վերահսկելու, մշտադիտարկում իրականացնելու և գրանցելու առավելագույն հզորության տատանումները՝ համապատասխան ծրագրային ալգորիթմով:

Ստացված հետազոտությունը և առաջարկված ապարատաձրագրային միջոցը կարելի է կիրառել ցանկացած արևային ֆոտոէլեկտրական ինքնավար կայանի աշխատանքում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Արաքելյան Ա.Օ., Փանոսյան Ջ.Ր.** Разработка и исследование фотоэлектрических солнечных панелей и солнечных электростанций в Армении // Информационно-аналитический сборник: Материалы Международной выставки-ярмарки и конференции “Инновации-98”. - М., ВВЦ, 1998.-С. 110-115.
2. **Վարդանյան Գ.Պ., Փանոսյան Ժ.Ռ.** Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի էներգետիկայի և էլեկտրատեխնիկայի ինստիտուտում տեղակայված արևային կայանի նկարագրությունը. Մեթոդական ցուցումներ. –Եր., 2019. – 36 էջ:
3. **Սևոյան Զ.Ս., Փանոսյան Ժ.Ռ., Պետրոսյան Ռ.Պ., Սիմոնյան Հ.Ս.** էներգիայի պահուստավորման և սպառման ունիվերսալ համակարգ // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր (ՀՃԱԼ). -2016. -Հ.13, N 2. -էջ. 318-324:
4. **Liu X., Zhang T., Gao B., and Han Y.** Review of the Influence of Large-scale Grid-connected Photovoltaic Power Plants on Power Grid // International Journal of Grid and Distributed Computing. - 2016.- № 4.- P. 303-312.
5. Солнечная фотоэнергетика: современное состояние и тенденции развития / **В.А. Миличко и др.** // УФН.- 2016.- Т.186, N 8.-С. 801-852.
6. **Rajiv K., Sanderson G., Walsh K.** Global PV incentive policies and recommendations for utilities // Electrical and Computer Engineering (CCECE) 2011 24th Canadian Conference.-2011. -P. 001158-001163.
7. **Толстихина Л.В.** Параметры электрооборудования и режимы электроэнергетических систем в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для практических занятий. – Саяногорск: Сибирский федеральный университет, Саяно-Шушенский филиал, 2010. – 180 с.
8. Ulrike Jahn Monitoring of Photovoltaic Systems: Good Practices And Systematic Analysis / **A. Woyte, M. Richter, D. Moser, et al** // 28th European PV Solar.-2013.- P. 3686-3694.
9. **Salazar-Duque John E., Ortiz-Rivera Eduardo I., González-Llorente J.** Modified perturb and observe MPPT algorithm based on a narrow set of initial conditions // IEEE ANDESCON.-2016.-P. 1-4.
10. **Sevoyan J.S., Kirakosyan G.H., Kirakosyan L.G.** Modelinng and design of pid controller for dc motor by matlab software // Proceedings of Engineering Academy of Armenia (PEAA).-2016.-V.13, № 1.-P. 122-126.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.09.2019:

Дж.С. СЕВОЯН, Ж.Р. ПАНОСЯН, Г.П. ВАРДАНЯН

**МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ
АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

Исследован метод управления мощностью автономной фотоэлектрической станции, расположенной на крыше 2-го корпуса Института энергетики и электротехники Национального политехнического университета Армении. На основе предложенного метода разработано универсальное аппаратно-программное средство, которое позволяет повысить значение максимальной мощности фотоэлектрической станции до 10%.

Ключевые слова: автономная фотоэлектрическая станция, управление режимами, максимальная мощность, аппаратно-программное средство.

J.S. SEVOYAN, Zh.R. PANOSYAN, G.P. VARDANYAN

**A METHOD FOR IMPROVING THE MAXIMUM POWER OF AN
AUTONOMOUS SOLAR PHOTOELECTRIC POWER PLANT**

A method for controlling the power of an autonomous photoelectric power plant located on the roof of the 2nd building of the Institute of Power and Electrical Engineering of National Polytechnic University of Armenia is investigated. Based on the proposed method, a universal hardware-software means has been developed which allows to increase the value of the maximum power of the photoelectric power plant by 10%.

Keywords: autonomous photovoltaic power plant, control of modes, maximum power, hardware and software means.