

Տ.Ս. ԳՆՈՒՆԻ, Ս.Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՑԱՆՑԱՅԻՆ ՀՈՂՄԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆԻ ՀԱՇՎԱՐԿԱՅԻՆ ՀՈՂՄԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՆԵՐՈՒԺԻ ԶԳԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Առաջարկվում է մեթոդ, որով գնահատվում է մի շարք գործոնների նկատմամբ ցանցային հողմային էլեկտրակայանի հողմաէներգետիկ ներուժի արժեքի զգայունությունը: Հաշվարկները կատարվել են կոնկրետ տեղանքում իրականացված նախնական չափումների արդյունքում ստացված տվյալների հիման վրա:

Առանցքային բառեր. ցանցային հողմային էլեկտրակայան, հողմաէներգետիկ ներուժ, զգայունություն, հողմաագրեգատ, հողմային ագրեգատի դրվածքային հզորություն, ռեգրեսիոն վերլուծություն, ազդանշանային ֆունկցիա:

Միջազգային փորձի վերլուծությունը [1] ցույց է տալիս, որ նախա-ներդրումային տեխնիկատնտեսական հիմնավորման փուլում վերականգնվող, այդ թվում հողմաէներգետիկ, պաշարների ներուժի գնահատականի շեղումը իրականում կարող է կազմել մինչև 20%: Այս փուլում ենթադրվում է, որ մի շարք օգտագործվող մեծությունների՝ գործոնների արժեքները գնահատվել են այս կամ այն աստիճանի մոտավորությամբ: Հետևաբար՝ հետազոտողի առջև խնդիր է դրվում՝ բացահայտել էներգապաշարի ներուժի գնահատված արժեքների զգայունությունն այդ գործոնի նկատմամբ: Այսպիսի բացահայտումը թույլ կտա հետագա պաշարահետախուզական աշխատանքներում սահմանափակվել այն գործոնների արժեքների ճշգրտմամբ, որոնց նկատմամբ էներգապաշարի ներուժի արժեքը բնութագրվում է որպես առավել զգայուն:

Հայաստանի հողմաէներգետիկ աստիճան [2] բերված տեղեկատվության ուսումնասիրության արդյունքում դիտարկենք Դարբաս գյուղի մոտակայքում գտնվող հարթակի հողմաէներգետիկ ներուժի գնահատման օրինակը: Այս հարթակը բնութագրվում է հետևյալ ցուցանիշներով՝

- ծովի մակարդակից բարձրությունը՝ 2000 մ,
- միջին մթնոլորտային ճնշում՝ $P_{\text{մթ}} = 78,6 \text{ կՊա}$,
- միջին տարեկան ջերմաստիճանը՝ $T = 15^\circ \text{C}$,
- $H_0 = 10 \text{ մ}$ բարձրության վրա տեղադրված անեմոմետրի չափումներով գնահատված հողմի միջին տարեկան արագությունը՝ $V_0 = 8,6 \text{ մ/վ}$:

Հողմաէներգետիկ պաշարի ներուժի գնահատման համար մշակվել է հետևյալ մաթեմատիկական մոդելը:

Գետնի մակերևույթից H բարձրության վրա քամու միջին արագությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով [3].

$$V = V_0 \left(\frac{H}{H_0} \right)^\alpha, \quad (1)$$

որտեղ H -ը՝ գետնի մակերևույթից հողմաագրեգատի առանցքի տեղակայման բարձրությունն է՝ u ; H_0 -ն՝ գետնի մակերևույթից անեմոմետրի տեղակայման բարձրությունը, u ; V_0 -ն՝ անեմոմետրի չափումներով գնահատված հողմի միջին տարեկան արագությունը, u/u_0 ; α -ն հողմի արագության ճշտման գործակիցն է, որը նախնական հետազոտության փուլում ընդունվում է $0,10 \leq \alpha \leq 0,25$ տիրույթում:

Քանի որ Հայաստանում ցանցային հողմային էլեկտրակայանների համար առավել կիրառելի է 200...1500 կՎտ դրվածքային հզորությամբ հողմաագրեգատների կիրառումը [2], ապա ընտրվել են LW50/750 տիպի $P_0 = 750$ կՎտ դրվածքային հզորությամբ հողմաագրեգատներ՝ առանցքի գետնի մակերևույթից $H = 50$ մ տեղակայման բարձրությամբ:

Տեղանքի նախնական ուսումնասիրությունը ցույց է տվել [2], որ այստեղ նպատակահարմար է տեղադրել $n = 20$ հատ LW 50/750 տիպի ագրեգատներ: Այսպիսով, հողմաէլեկտրակայանի դրվածքային հզորությունը՝

$$P = nP_0, \quad (2)$$

որտեղ P -ն հողմային էլեկտրակայանի դրվածքային հզորությունն է, կՎտ; P_0 -ն՝ միավոր հողմաագրեգատի դրվածքային հզորությունը, կՎտ; n -ը՝ տեղակայվող հողմաագրեգատների քանակը, հատ:

Այսպիսով, օգտագործելով (1) և (2) բանաձևերը և ընտրված ագրեգատների բնութագրային տվյալները կստանանք հողմային էլեկտրակայանի դրվածքային հզորությունը, որը կկազմի $P = 15$ ՄՎտ, և հողմաագրեգատների առանցքների տեղակայման բարձրության վրա հողմի միջին տարեկան արագությունը կկազմի $V = 11,87$ մ/վ՝ $\alpha = 0,2$ արժեքի համար:

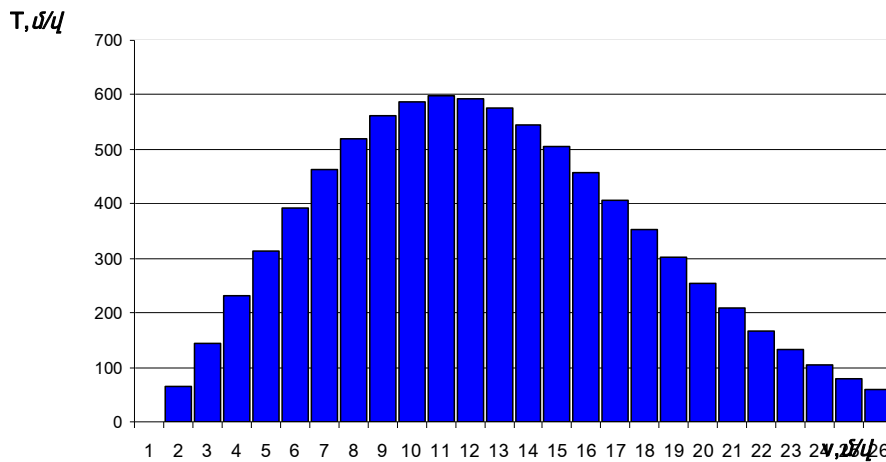
Գրականությունից [2, 3] հայտնի է, որ տարվա ընթացքում հողմի արագությունների ըստ տևողության բաշխումը ենթարկում է Վեյբուլի բաշխման օրինաչափությանը և կարող է ներկայացվել

$$t(v_i) = 8760p(V, k) \quad (3)$$

բանաձևով, որտեղ $t(v_i)$ -ն հողմի տվյալ v_i արագության ժամերի քանակն է տարվա ընթացքում, ժամ, իսկ $p(V, k)$ -ն Վեյբուլի բաշխման օրինաչափությունն է՝ կախված հողմի միջին տարեկան V արագությունից և արագությունների բաշխման կորի ձևի k գործակիցից:

Գրականության մեջ [3] առաջարկվում է արագությունների բաշխման կորի ձևի գործակիցը ընդունել $1 \leq k \leq 3$ տիրույթից: Տվյալ հետազոտությունում

ընդունված $k = 2,2$ արժեքով հաշվարկված 1 մ/վ դիսկրետ քայլով հողմի արագությունների՝ ըստ տևողության բաշխման կորը բերված է նկ.1-ում:



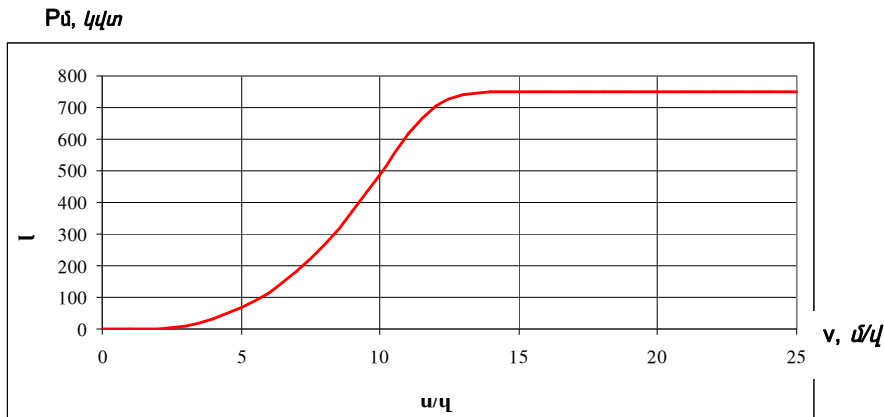
Նկ. 1. Հողմի արագությունների՝ ըստ տևողության բաշխման կորը

Հողմի արագությունների՝ ըստ տևողության բաշխման կորի և ընտրված հողմաագրեգատի $P_0(v_i)$ անձնագրային բնութագրի տվյալներով որոշվում է հողմաէներգետիկ ներուժի նախնական գնահատականը՝

$$W_0 = n \sum_{i=1}^N P_0(v_i) t(v_i), \quad (4)$$

որտեղ W_0 -ն հողմաէներգետիկ ներուժի նախնական գնահատականն է, կՎտժ; n -ը՝ հողմաագրեգատների քանակը, հատ; v_i -ն՝ հողմի արագության ընթացիկ արժեքը; $P_0(v_i)$ -ն՝ հողմաագրեգատի անձնագրային բնութագրից որոշված v_i արագությանը համապատասխանող ընթացիկ հզորությունը, կՎտ;

Հաշվի առնելով հողմի արագությունների՝ ըստ տևողության բաշխման կորի նկ.1 և 2 LW50/750 տիպի հողմաագրեգատի անձնագրային բնութագրի տվյալները և օգտագործելով (4) բանաձևը՝ կստանանք $W_0 = 85,75$ մՀն. կՎտժ:



Նկ. 2. LW50/750 տիպի հողմաագրեգատի անձնագրային $P_0(v_i)$ բնութագիրը

Հողմաէներգետիկ ներուժի նախնական գնահատականը ենթարկվում է ճշգրտման՝ հաշվի առնելով հետևյալ գործոնները.

- Մթնոլորտային ճնշման գործակից՝ $K_{\square\square} = \frac{P_{\square\square}}{101,3} = 0,78$:
- Ջերմաստիճանի գործակից՝ $K_T = \frac{288,1}{288,1 + T^{\circ}C} = 0,95$:
- Հողմաագրեգատների տեղակայման խտությունից կախված՝ կորստի (ստվերման էֆեկտ) գործակից, որն ընկած է $0\% \leq K_1 \leq 5\%$ տիրույթում և ներկա հետազոտությունում ընդունվել է՝ $K_1 = 1,5\%$:
- Աղտոտվածության գործակից, որն ընկած է $0\% \leq K_2 \leq 3\%$ տիրույթում և ընդունվել է՝ $K_2 = 1,0\%$:
- Սառցածածկույթի գործակից, որն ընկած է $0\% \leq K_3 \leq 8\%$ տիրույթում և ընդունվել է՝ $K_3 = 2,0\%$:
- Մեփական կարիքները, ներկայանային ցանցում կորուստները, նախազգուշական և ընթացիկ նորոգումներն ու այլ գործոններ հաշվի առնող պահուստային գործակից, որն ընկած է $5\% \leq K_4 \leq 12\%$ տիրույթում և ընդունվել է՝ $K_4 = 5,0\%$:
- Հողմի միջին տարեկան արագություն, որը ընկած է $8,2 \leq V_0 \leq 9$ տիրույթում և այս հետազոտությունում ընդունվել է $8,6$ մ/վ:
- Միջին տարեկան ջերմաստիճան, $T^{\circ}C$, որը ընկած է $14 \leq T \leq 16$ տիրույթում և այս հետազոտությունում ընդունվել է $15^{\circ}C$:

Այսպիսով, հողմային էլեկտրակայանի ներուժի ճշգրտված մեծությունը կորոշվի

$$W = K_{\text{գր}} K_T K_C W_0 \quad (5)$$

բանաձևով, որտեղ $K_C = (1 - K_1)(1 - K_2)(1 - K_3)(1 - K_4)$ -ն հողմաէներգետիկ ներուժի անկման գործակիցն է:

Նկարագրված մաթեմատիկական մոդելով կատարված հաշվարկների արդյունքներում հողմաէներգետիկ ներուժը գնահատվել է՝ $W = 57,44$ մլն. կՎտժ:

Մոդելում օգտագործված մի շարք մեծությունների և գործակիցների արժեքները կարող են փոփոխվել որոշակի տիրույթներում, ինչը կարող է էական ազդեցություն ունենալ հողմային էլեկտրակայանի ներուժի օգտագործման վերջնական արժեքի վրա և զգայունության վերլուծության առարկան է:

Առաջարկվում է զգայունության գնահատումը իրականացնել ռեգրեսիոն վերլուծության մեթոդների հիման վրա: Ռեգրեսիոն վերլուծությունը լայնորեն կիրառվում է տեխնիկական համակարգեր [4, 5] հետազոտելիս: Այն թույլ է տալիս փորձերի արդյունքները ներկայացնել ֆունկցիոնալ կախվածության տեսքով [4], օրինակ՝

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2, \quad (6)$$

որտեղ y -ը հետազոտվող պարամետրն է (ազդանշանային ֆունկցիա); x_i -ը, x_j -ն՝ որոշիչ պարամետրերը (վարիացիոն գործոններ); b_0 -ն, b_i -ն, b_{ij} -ն, b_{ii} -ն՝ ռեգրեսիոն գործակիցներ:

Փորձերի տեսության մեջ [4] կիրառվում է գործոնների կոդավորում, որի արդյունքում իրականացվում է վարիացիոն գործոնների կոդիֆիկացիայի սկզբի տեղափոխում փորձի կենտրոն և մասշտաբավորում:

$$x_i = \frac{x_i \pm x_{i0}}{\Delta x_i}, \quad (7)$$

որտեղ x_i -ն վարիացիոն գործոնն է; x_{i0} -ն՝ գործոնի հիմնական մակարդակը; Δx_i -ն՝ վարիացիոն միջակայքը:

Ներկայացնենք վերը նկարագրված վերլուծական մեթոդների կիրառմամբ ստացված հողմային էլեկտրակայանի ներուժի կախվածությունը մի շարք գործոններից: Ընդունված նշանակումներով հաշվարկային փորձերի պայմանները ներկայացված են աղյուսակ 1-ում:

Հաշվարկային փորձերի պայմանները

Գործոնների կոդավորված արժեքները	Ուղղման գործակից հոդվի արագության համար. (	Արագությունների բաշխման կորի գործակից. K	Ագրեգատների տեղակայման խտությունից կախված կորուստների գործակից. K ₁	Աղտոտման գործակից. K ₂	Սառցածածկույթի գործակից. K ₃	Պահուստային գործակից. K ₄	Հողը սրջր տարեկան արագություն, V ₀ մ/վ	Միջին տարեկան ջերմաստիճան, T [°] C
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
1	0,25	3	0	1	0	5	9	14
0	0,175	2	2,5	2	4	8,5	8,6	15
-1	0,1	1	5	3	8	12	8,2	16

Քանի որ գործ ունենք ութ տարբեր գործոնների հետ, ապա լրիվ գործոնային վերլուծությունը կպահանջի $2^8 = 256$ թվային գիտափորձերի իրականացում [4]: Առաջարկվում է կիրառել կոտորակային գիտափորձի եղանակը, որը զգալիորեն կկրճատի թվային է գիտափորձերի քանակը՝ առանց զգալի ազդեցություն ունենալու նրանց արդյունավետության վրա: Կոտորակային գիտափորձի եղանակում ընդունվել է ազդանշանային ֆունկցիայի գծային ներկայացումը, իսկ համատեղ ազդեցությունները փոխարինվել են գործոններով: Բերված դիտողությունների պարագայում գիտափորձի պլանավորման մատրիցը կընդունի աղյուսակ 2-ում բերված տեսքը:

Ռեգրեսիոն հավասարումը կստանա հետևյալ տեսքը.

$$y = 53,101 + 0,052x_1 + 0,02x_2 + 1,362x_3 + 0,549x_4 + 2,214x_5 + 2,031x_6 + 0,001x_7 + 0,198x_8, \quad (8)$$

որտեղ y -ը հոդմային էլեկտրակայանի ներուժի անվանական արժեքն է:

Ռեգրեսիայի գործակիցների համար վստահության միջակայքը որոշվում է՝

$$\Delta b_i = \pm t^c \frac{ab_0}{\sqrt{N}} \quad (9)$$

արտահայտությամբ [4, 5], որտեղ t^c -ն Ստյուդենտի չափանիշն է (որոշվում է տեղեկատու աղյուսակից); a -ն թույլատրելի սխալի մակարդակն է; b_0 -ն՝ ռեգրեսիոն հավասարման ազատ անդամի արժեքը; N -ը՝ անկախության մակարդակների քանակը:

Կոտորակային գիտափորձի պլանավորման մատրից

N	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅ =X ₁ *X ₂	X ₆ =X ₁ *X ₃	X ₇ =X ₁ *X ₄	X ₈ =X ₁ *X ₂ *X ₄
	1	2	3	4	5	6	7	8	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
3	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1
4	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1
5	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1
7	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1
9	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1
10	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1
11	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
12	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
13	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1
14	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1
15	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
16	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1

Ընդունելով թույլատրելի սխալի մակարդակը $\alpha = 5\%$ ՝ ռեգրեսիայի գործակիցների վստահության միջակայքը կկազմի՝ $\Delta b_i = \pm 1,415$: Քանի որ ռեգրեսիայի այն գործակիցները, որոնց բացարձակ արժեքները փոքր են վստահության միջակայքից, վիճակագրորեն աննշան են, ուստի կարելի է դրանք դուրս թողնել հետագա ուսումնասիրությունից: Նշանակելի գործոնները x_5 և x_6 փոփոխականներն են: Ասվածից հետևում է, որ (8) արտահայտությունը կստանա հետևյալ տեսքը.

$$y = 53,101 + 2,214x_5 + 2,031x_6 : \quad (10)$$

Ազդանշանային ֆունկցիայի վերջնական տեսքը ստանալու համար ստուգվում է ֆունկցիայի համապատասխանությունը փորձարարական տվյալներին: Այդ ստուգումը իրականացվել է Ֆիշերի չափորոշչի հաշվարկային և տեղեկագրային նշանակությունների համեմատման միջոցով:

Մեր ընդունած պայմաններում փորձերի անցկացման համար Ֆիշերի չափորոշչի տեղեկագրային նշանակությունն է՝ $F_{տեղ} = 3,24$: Ֆիշերի չափորոշչի հաշվարկային նշանակությունը որոշվում է:

$$F_{հաշվ} = (S_{ad} / S_y)^2 \quad (11)$$

բանաձևով, որտեղ S_{ad} -ը փորձնական արդյունքներով ստացված ազդանշանային ֆունկցիայի համապատասխանության դիսպերսիան է; S_y -ը՝ փորձի դիսպերսիան, որը

հաշվի է առնում փորձի իրականացման ժամանակ տեղի ունեցած սխալանքի մակարդակը:

Ֆիշերի չափորոշչի նշանակությունը (10) ազդանշանային ֆունկցիայի համար հավասար է $F_{\text{հաշվ}} = -4,05$: Քանի որ Ֆիշերի չափորոշչի հաշվարկային նշանակության բացարձակ արժեքն ավելի մեծ է, քան տեղեկագրայինը, ուստի ազդանշանային ֆունկցիայի համապատասխանության վարկածը մերժվում է: Սա կանխորոշում է նախկինում դիտարկումից դուրս մնացած գործոնների վերաներգրավումը: Վերաներգրավումը կատարվում է ռեգրեսիայի գործակիցների աճման կարգով և ամեն անգամ ստուգվում է Ֆիշերի չափորոշիչներով: Այդ վերաներգրավումը տեղի է ունենում այնքան ժամանակ, քանի դեռ ապահովված չէ ազդանշանային ֆունկցիայի՝ փորձական տվյալներին համապատասխանության պայմանը:

Վերը նկարագրված գործընթացը թույլ է տալիս ազդանշանային ֆունկցիան ներկայացնել հետևյալ ձևով.

$$y = 53,101 + 1,362x_3 + 2,214x_5 + 2,031x_6: \quad (12)$$

Այս դեպքում Ֆիշերի չափորոշչի հաշվարկային նշանակությունը՝ $F_{\text{հաշվ}} = 2,7$, ինչը փոքր է տեղեկագրայինից:

Հետևություններ

1. Հողմային էլեկտրակայանի ներուժի գնահատման համար մշակվել է մաթեմատիկական մոդել, ըստ որի Դարբաս գյուղի մոտակայքում գտնվող հարթակի տեղեկատվական տվյալներով որոշվել է 15 ՄՎտ դրվածքային հզորությամբ հողմային էլեկտրակայանի ներուժը. տարեկան մինչև 57,44 մլն. կՎտժ էլեկտրաէներգիայի օգտակար առաքում:
2. Բացահայտվել են մի շարք գործոններ, որոնց փոփոխությունը կարող է զգալի ազդեցություն ունենալ հետազոտվող հողմային էլեկտրակայանի ներուժի վրա: Որոշվել են այդ գործոնների փոփոխման հնարավոր տիրույթները: Գործոնների ազդեցության մակարդակի հետազոտման համար առաջարկվել է կիրառել ռեգրեսիոն վերլուծության մեթոդը:
3. Ազդանշանային ֆունկցիայի գործակիցները ենթարկվել են վիճակագրական վերլուծության՝ վստահության միջակայքի և Ֆիշերի չափորոշչի կիրառմամբ: Վերլուծության արդյունքում ազդանշանային ֆունկցիան ներկայացվել է (12) բանաձևի տեսքով:
4. Ազդանշանային ֆունկցիայի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դիտարկվող հողմային էլեկտրակայանի ներուժն առավել զգայուն է նշանակելի գործոնների՝ ագրեգատների տեղակայման խտությունից կախված կորուստների, սառցածածկույթի և պահուստային գործակիցների նկատմամբ: Այս գործոնների համատեղ բացասական ազդեցությունը կարող է նվազեցնել գնահատված ներուժի մեծությունը 10,5%-ով: Դիտարկվող տիրույթներում մնացած գործակիցների փոփոխության ազդեցությունն աննշան է և կարելի է անտեսել:
5. Հետագա պաշարահետախուզական աշխատանքները նպատակահարմար է իրականացնել նշանակելի գործոնների ճշգրտման ուղղությամբ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Գնուни Т.С.** Особенности технико-экономического обоснования проектов в области возобновляемой энергетики // Возобновляемая энергетика в Армении: Материалы конференции. – Ереван, 2005. –С. 117-123.
2. Wind Energy Resource Atlas of Armenia/ **D.Elliot, M.Schwarz, G.Scott** and est. National Renewable Energy Laboratory of US, 2003.
3. RET Screen-Renewable Energy Project Analysis// CANMET Energy Technology Centre of Ministry of Natural Resources. - Canada, 2003.
4. **Веников В.А.** Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики): Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, доп. и перераб. –М.: Высшая школа, 1976. –479 с.
5. **Գնուни Т.С.** Исследование влияния режимов Армянской энергосистемы на величину технических потерь энергии в передающих электросетях // Энергетика: Изв. высш. учебн. заведений и энерг. объединений СНГ. - 2005. – №2. –С. 35-42.

ՀղձՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն՝ 25.04.2006:

Т.С. ГНУНИ, С.С. ХАЧАТРЯН

МЕТОД ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАСЧЕТНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕТЕВОЙ ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Предлагается метод, с помощью которого оценивается чувствительность величины ветроэнергетического потенциала сетевой ветроэлектростанции к некоторым факторам. Расчеты производились на основании данных, полученных в результате предварительных замеров в конкретной местности.

Ключевые слова: сетевые ветряные электростанции, ветроэнергетический потенциал, чувствительность, ветроагрегат, установленная мощность ветряных электростанций, регрессионный анализ, сигнальная функция.

T.S. GNUNI, S.S. KHACHATRYAN

METHOD OF DESIGN SENSITIVITY ESTIMATION IN NETWORK WIND ENERGY POTENTIAL OF WIND POWER PLANT

The method with the help of which the sensitivity of network wind energy potential of wind power plant to some factors can be estimated. For example the calculations are based on the results of measurements primarily done in a specified place.

Keywords: wind power plant, wind energy potential, sensitivity, wind turbine, installed capacity of wind power station, regressional analysis, alarm function.