

## Է.Ա. ԵՂՈՅԱՆ

**ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԶՐԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ  
ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ ԵՎ ԼԱՎԱՐԿՈՒՄ  
(ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԱԷԿ-Ի ՕՐԻՆԱԿԻ ՎՐԱ)**

Ուսումնասիրվում են Հայկական ԱԷԿ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի աշխատանքային ռեժիմների լավարկման ուղիները՝ աշտարակահովացուցիչների ամբողջ տեղակայված հովացման մակերեսի օգտագործման միջոցով: Առաջարկվում է աշտարակահովացուցիչների վերակառուցման տարբերակ: Մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով գնահատվել է էներգաբյուրեղի հզորության աճը առաջարկվող ռեժիմով աշխատելու դեպքում:

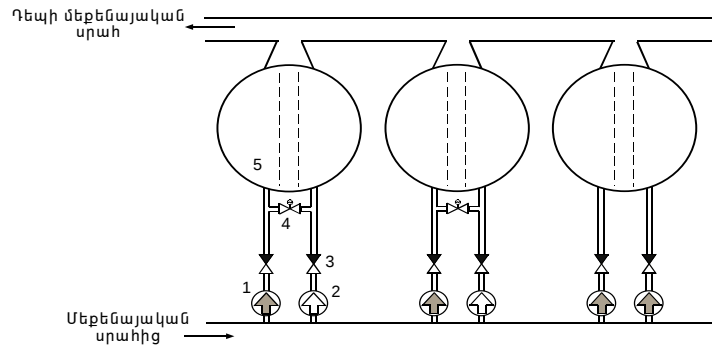
**Առանցքային բառեր:** տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգ, աշտարակահովացուցիչ, կոնդենսատոր, շոգետուրբին, շրջանառության պոմպ:

ԱԷԿ-ի և ԱԷԿ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգերն իրականացվում են երկու սխեմաներով՝ ուղղահոս և շրջապտույտային: Երկրորդի դեպքում կիրառվող ջրահովացուցիչների մակերեսի մեծացումը (այլ հավասար պայմանների դեպքում) հանգեցնում է շոգետուրբինների կոնդենսատորների հովացնող ջրի ջերմաստիճանի նվազման, հետևաբար՝ արտադրվող հզորության մեծացման: Էլեկտրակայանների նախագծման ժամանակ ջրահովացուցիչների մակերեսի ընտրությունը կատարվում է տեխնիկատնտեսական հաշվարկների հիման վրա:

Հայկական ԱԷԿ-ի երկու էներգաբյուրեղները կահավորված են չորս գոլորշիացման տիպի աշտարակահովացուցիչներով: 1995 թվականի վերագործարկումից ի վեր աշխատում է միայն N2 էներգաբյուրեղ: Կայանի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգն աշխատում է նախագծային ռեժիմով, այսինքն՝ շահագործվում են թվով երկու աշտարակահովացուցիչներ: Վերագործարկումից առաջ կատարված նորոգման աշխատանքներից հետո չորս աշտարակահովացուցիչներից շահագործման ենթակա են երեքը (N2,3,4), որոնցից մեկը գտնվում է պաշարային վիճակում: ՀԱԷԿ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգում կիրառված է ջրի մատուցման միջանկյալ ճնշման ավազանով սխեմա, որը թույլ է տալիս ջրի ծախսը կարգավորել մեկ կամ մի քանի շրջանառության պոմպերի անջատմամբ և միացմամբ, ինչը շրջանառության պոմպերի լավարկված շահագործման մեծ հնարավորություններ է ընձեռում:

Ստորև դիտարկվում է ՀԱԷԿ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի լավարկման հնարավորությունը “պաշարային” երրորդ աշտարակահովացուցիչ շահագործման միջոցով: Դիտարկվող տարբերակում օգտագործվում է երեք ջրահովացուցիչների հովացման մակերեսը՝ առանց հովացնող ջրի ծախսի, այսինքն՝ աշխատող շրջանառության պոմպերի քանակի ավելացման: Աշխատանքի մեջ են մնում թվով չորս շրջանառության պոմպեր՝ ապահովելով

հովացնող ջրի նախագծային ծախսը: Այն իրականացվում է երեք աշտարակահովացուցիչներից երկուսի աշխատանքային ռեժիմների փոփոխմամբ, որի նպատակը ջրահովացուցչի ռոտման խտության նվազեցումն է, ինչն իրականացվում է երկուսի փոխարեն մեկ շրջանառության պոմպի շահագործմամբ: Այդ նպատակով (մեկ պոմպի ջրի ծախսն ամբողջ հովացման մակերեսի վրա բաշխելու համար) անհրաժեշտ է միմյանց միացնել աշտարակահովացուցիչների երկու մատուցող ջրատարները (նկ. 1):



Նկ. 1  
1 - աշխատող շրջանառության պոմպ; 2 - չաշխատող շրջանառության պոմպ;  
3 - հետադարձ փական; 4 - առաջադիմ փական; 5 - աշտարակահովացուցիչ:

Հասկանալի է, որ առաջարկվող ռեժիմին անցնելը կհանգեցնի էներգաբերկի ոչ միայն բրուտոտ, այլ նաև նետոտ հզորության աճի (սեփական կարիքների վրա ծախսվող հզորությունը մնում է անփոփոխ): Դիտարկվող ռեժիմի շահավետության գնահատման նպատակով իրականացվել է տուրբոտեղակայանքների, կոնդենսացիոն տեղակայանքների և տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի մաթեմատիկական մոդելավորում:

Աշտարակահովացուցիչների ելքում ջրի ջերմաստիճանը որոշվում է

$$t = t' + \delta t(\Delta t) + \delta t(w) + \delta t_i \quad (1)$$

արտահայտությամբ, որի առաջին անդամը ջրի ջերմաստիճանն է քամու բացակայության և  $Dt=10^\circ\text{C}$  պայմանների դեպքում և որոշվում է համապատասխան հաշվարկային նոմոգրամներից: Մյուս երեք անդամներն ուղղումներ են, որոնք համապատասխանաբար հաշվի են առնում հովացման գոտու մեծությունը, քամու արագությունը և ջերմաստիճանի փոքրճական արժեքի շեղումը նոմոգրամային արժեքից: Վերջինս կապված է ժամանակի ընթացքում ռոտգիչի մաշվածության հետ:

(1) արտահայտության բաղադրիչների մաթեմատիկական բնութագրերը ստանալու համար օգտագործվել են ՀԱԷԿ-ի աշտարակահովացուցիչների հաշվարկային նոմոգրամները, որոնցից վերցված արժեքների հիման վրա ռեգրեսիոն վերլուծության միջոցով ստացվել են հետևյալ արտահայտությունները.

$$t' = 6,162 + 0,35 \cdot \tau + 5,06474 \cdot (q - 3,5)^{0,7} \cdot (t_{\text{ոդ}} + 10)^{-0,24} + \\ + 0,6584 \cdot (t_{\text{ոդ}} + 12)^{0,85} \cdot (100 - \varphi)^{-0,025} \cdot (q + 4)^{-0,022}, \quad (2)$$

$$\tau = t_{on} - 2,2113 \cdot 10^{-5} \cdot (100 - \varphi)^{1,1} \cdot (t_{on} + 43)^2, \quad (3)$$

$$\delta t(\Delta t) = -0,0153 \cdot (q - 1)^{0,42} \cdot (50 - t_{on})^{0,82} \cdot (10 - \Delta t)^{1,12}, \quad (4)$$

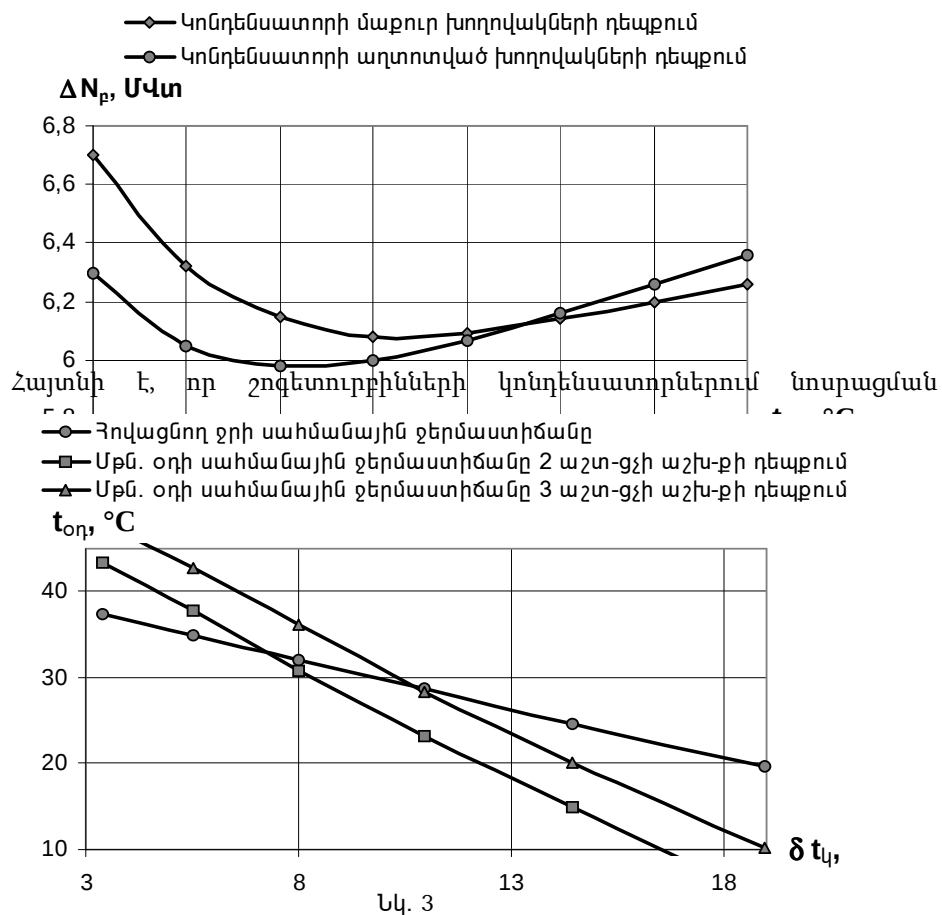
$$\delta t(w) = 0,65 \cdot w, \quad (5)$$

$$\delta t_i = 0,4 \div 0,6, \quad (6)$$

որտեղ  $t_{on}$  - ն օդի ջերմաստիճանն է,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $j$  - ն՝ օդի հարաբերական խոնավությունը, %,  $q$  - ն՝ աշտարակահովացուցիչում ոռոգման խտությունը,  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ժ}$ ,  $\Delta t$  - ն՝ աշտարակահովացուցիչում հովացման գոտու մեծությունը,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t$  - ն՝ օդի ջերմաստիճանը ըստ խոնավ ջերմաչափի,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $w$  - ն՝ քամու արագությունը,  $\text{m}/\text{վ}$ ,  $\delta t_i$  - ն՝ աշտարակահովացուցիչում հովացված ջրի ջերմաստիճանի շեղումը նոմոգրամային արժեքից,  $^{\circ}\text{C}$ :

Կատարված հաշվարկների հիման վրա համեմատություն է կատարվել նախագծային և առաջարկվող ռեժիմների միջև: Հաշվարկներն իրականացվել են շոգեգեներացնող տեղակայանքի 92% ջերմային հզորությամբ աշխատանքային ռեժիմի համար, որը ՀԱԷԿ-ի N2 էներգաբլոկի ռեակտորային տեղակայանքի առավելագույն թույլատրելի հզորությունն է վերագործարկումից ի վեր: Հաշվարկներում ընդունվել է, որ տուրբոտեղակայանքներն աշխատում են նախագծային ջերմային սխեմայով, իսկ բեռը հավասար է բաշխված նրանց միջև:

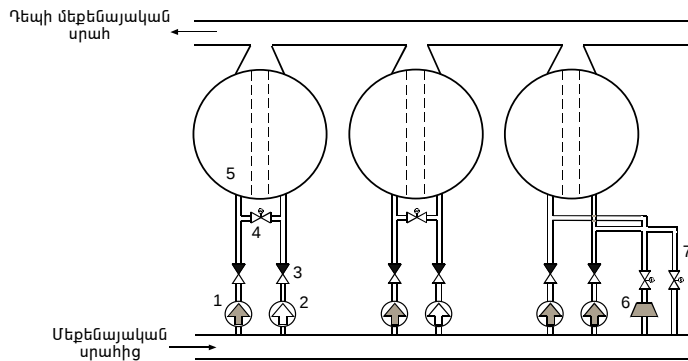
Ըստ ստացված արդյունքների՝ առաջարկված ռեժիմին անցումը կհանգեցնի շոգեատուրբինների կոնդենսատորների հովացնող ջրի ջերմաստիճանի 2,2-3,2  $^{\circ}\text{C}$ -ով նվազման՝ կախված մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից: Արդյունքում շոգեգեներացնող տեղակայանքի հաստատուն ջերմային հզորության դեպքում էներգաբլոկի էլեկտրական հզորության աճը կկազմի 5,9-6,7  $\text{M}\text{W}$ -ով՝ կախված մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից և կոնդենսատորի խողովակների մաքրության աստիճանից (նկ. 2): Այն կկազմի էներգաբլոկի նետոտ հզորության մոտ 1,6-2%-ը:



վատացումը հանգեցնում է վառելիքի զգալի գերաժախսի և նոսրացման որոշակի պայմաններում սահմանափակում է տուրքոգներատրային տեղակայանքի հզորությունը: Ակնհայտ է, որ նոսրացման վատացման հիմնական պատճառներից է հովացնող ջրի բարձր ջերմաստիճանը, ինչն ուղղակիորեն կախված է մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից: Հետևաբար՝ վերջինս էներգաբերկի հզորությունը սահմանափակող գործոն է: Կատարված հաշվարկները ցույց են տալիս, որ անցումն առաջարկվող ռեժիմին կհանգեցնի էներգաբերկի առավելագույն հզորությունը սահմանափակող մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի արժեքի աճի 4,5-5,5 °C-ով՝ կախված կոնդենստորում ջերմաստիճանային էջքի մեծությունից: Հաշվարկների արդյունքները ներկայացված են նկ. 3-ում:

ՀԱԷԿ-ում կիրառված միջանկյալ “ճնշման” ավազանով սխեմայի առանձնահատկություններից մեկն այն է, որ շրջանառության պոմպերի աշխատանքային ռեժիմը կախված չէ կոնդենսատորների ջրային տրակտի հիդրավլիկական դիմադրությունից, որը, ինչպես հայտնի է, կոնդենսատորի խողովակների աղտոտմանը զուգընթաց, էապես աճում է: Աղտոտված խողովակներով կոնդենսատորի թողունակությունը նվազում է և առաջանում է հովացնող ջրի ավելցուկ, ինչի պատճառով “ճնշման” ավազանում տեղի է ունենում ջրի մակարդակի բարձրացում: Ավազանում ջրի մակարդակի՝ չափից ավելի աճը կանխելու նպատակով նախատեսված է թափման գիծ դեպի ստորին հեռացնող ջրուղի: Հետևաբար՝ շոգետուրբինների կոնդենսատորներում ջրի մի մասը օգտակար կերպով չի օգտագործվում: Ըստ ՀԱԷԿ-ից վերցված տվյալների՝ խիստ աղտոտված խողովակների դեպքում ջրի ավելցուկը կազմում է մեկ շրջանառության պոմպի ծախսի 60-70%-ը:

Վերոհիշյալից ելնելով՝ հետազոտվել է սխեմայի փոփոխության լրացուցիչ տարբերակ՝ վերաշրջանառության գծի ավելացումով (նկ. 4): Այս տարբերակում ռոտզման մեծ խտությամբ աշխատող աշտարակահովացուցչի վրա ավելացվում է վերաշրջանառության գիծ, որով կոնդենսատորներում չօգտագործվող հովացնող ջրի քանակությամբ ջուր վերադարձվում է ստորին ջրուղի՝ առանց աշտարակահովացուցչի մատուցվելու: Արդյունքում տվյալ ջրահովացուցչում տեղի է ունենում ռոտզման խտության, հետևաբար նաև՝ հովացված ջրի ջերմաստիճանի նվազում: Դիտարկված է նաև վերաշրջանառության գծի վրա հիդրոտուրբինի տեղադրման դեպքը, որը, օգտագործելով շրջանառության պոմպերի զարգացրած ճնշումը, կարտադրի լրացուցիչ էլեկտրական հզորություն:



Նկ. 4  
6 - հիդրոտուրբին; 7 - վերաշրջանառության շրջանցող (բայասային) գիծ:

Մշակված մաթեմատիկական մոդելի միջոցով գնահատվել է այս տարբերակի արդյունավետությունը: Դիտարկվել են աշխատանքային ռեժիմներ՝ մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի և վերաշրջանառության ծախսի տարբեր մեծությունների դեպքում: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ հովացնող ջրի ջերմաստիճանի նվազումը և էներգաբերական արտադրած հզորության աճը զծային կերպով աճում են՝ վերաշրջանառության ծախսից կախված: Այս տարբերակի արդյունավետությունը շատ ավելի զգալի է մթնոլորտային օդի բարձր ջերմաստիճանների դեպքում: Այսպես, օդի 30  $^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի դեպքում վերաշրջանառության շնորհիվ հովացնող ջրի ջերմաստիճանի նվազումը հասնում է 0,7  $^{\circ}\text{C}$ -ի, իսկ դրան համապատասխան էներգաբերական հզորության աճը՝ մոտ 2  $\text{ՄՎտ}$ -ի: Իսկ մթնոլորտային օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանի 11,3  $^{\circ}\text{C}$  մեծության դեպքում այդ մեծությունները համապատասխանաբար կազմում են 0,5  $^{\circ}\text{C}$  և 1,1  $\text{ՄՎտ}$ : Հիդրոտուրբինի միջոցով արտադրված հզորությունը մոտավոր գնահատմամբ կկազմի մինչև 0,5-0,6  $\text{ՄՎտ}$ :

Վերաշրջանառության գծի կիրառումը դիտարկվել է նաև աշտարակահովացուցիչների նախագծային ռեժիմով աշխատանքի դեպքում՝ վերջիններից միայն մեկին միացումով: Նախորդ տարբերակի համեմատ՝ այս դեպքում արդյունավետությունը ավելի փոքր է (ջերմաստիճանի նվազումը ստացվում է մոտ երկու անգամ փոքր): Դա բացատրվում է նրանով, որ առաջին տարբերակում վերաշրջանառությունն իրականացվում է ամենացածր արդյունավետությամբ աշխատող աշտարակահովացուցիչ վրա, իսկ երկրորդ տարբերակում երկու ջրահովացուցիչներն աշխատում են համարյա նույն արդյունավետությամբ:

#### Եզրակացություններ

- Ըստ կատարված հաշվարկների՝ տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի շահագործումն առաջարկվող սխեմայով հանգեցնում է էներգաբերական աշխատանքի շահավետության բարձրացման՝ ապահովելով նետոտ հզորության 1,6-2% աճ:
- Անցումը նման ռեժիմի զգալիորեն ընդլայնում է մթնոլորտային օդի բարձր ջերմաստիճանների պայմաններում էներգաբերական մեծ հզորությամբ

շահագործման թույլատրելի տիրույթը՝ կախված արտաքին օդի ջերմաստիճանից:

- Ձուգահեռ աշխատող աշտարակահովացուցիչների ընդհանուր արդյունավետության զգալի բարձրացման կարելի է հասնել՝ ամենացածր արդյունավետությամբ աշխատող աշտարակահովացուցչի լավարկման միջոցով:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Մարուխյան Ռ.Ջ., Զառանցյան Ա.Ո., Եղոյան Է.Ա.** Հայկական ԱԷԿ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի աշխատանքային ռեժիմների լավարկման ուղիները // ՀՊՃՀ տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու– 2002.–Հատ. 1. - էջ 186-188.
2. **Եղոյան Է.Ա.** Հայկական ԱԷԿ-ի տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի աշխատանքային ռեժիմների լավարկման ուղիների հետազոտումը // ՀՊՃՀ ուսանողական հորեյանական գիտաժողովի նյութերի ժողովածու.–2003.– էջ 88-91.
3. **Մարուխյան Ռ.Ջ.** ՋԷԿ-ի աշխատանքային ռեժիմներ և շահագործում: Ուսումնական ձեռնարկ, 1994.–Երևան. - 144 էջ:
4. Атомные электрические станции/ **Т. Х. Маргулова**. 2-е издание.-М.: Высш. шк., 1974. – 359 с.
5. Экономичность серийных блоков АЭС мощностью 440 МВт с реакторами ВВЭР-440/ **Г. М. Коновалов, А. К. Кириш и др.** Теплоэнергетика. –1975. - №9.- С. 52-56.
6. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-220-44 ХТГЗ.-М.: Союзтехэнерго, 1981.
7. **Olds F. C.** Cooling towers- Power Engineering, -1972.-№ 12.-Р. 30-37.

ՀՊՃՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.02.2003:

**Յ. Ա. ԵԴՕՅԱՆ**

#### ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ АРМЯНСКОЙ АЭС)

Рассматриваются пути оптимизации режимов работы системы технического водоснабжения Армянской АЭС с использованием всей установленной площади охлаждения градирен. Предложена схема реконструкции градирен. Путем математического моделирования оценивается повышение мощности энергоблока при переходе к предложенной схеме.

**E. A. YEGHOYAN**

#### OPERATING MODE OPTIMIZATION AND RESEARCH OF SERVICE WATER SYSTEM (BY THE EXAMPLE OF THE ARMENIAN NPP)

Operating mode optimization ways of service process water systems at the Armenian NPP with the use of all the established cooling area for water cooling towers are examined. A cooling tower reconstruction scheme is proposed. By means of mathematical modelling the capacity increase of the power unit in transition to the proposed scheme is evaluated.