

V.Z. MARUKHYAN, G.P. VARDANYAN, A.Z. KHACHATRYAN
ANALYSIS OF ELECTRICITY STORAGE METHODS AND STORAGE
SYSTEMS

The issue of energy storage is one of the most relevant and thoroughly analyzed scientific and technical challenges today. From this perspective, the article attempts to present, as thoroughly as possible, the energy storage systems that can play an effective role in solving specific problems. Specifically, five systems for electrical energy storage are discussed (mechanical, thermal, chemical, electrochemical, and electrical).

Among these, particular attention is given to rechargeable electrical energy storage devices, including those used in modern electric vehicles, and potential future pathways for their further application are highlighted. The article also touches upon inductive, pneumatic, and flywheel storage systems.

The paper examines in detail the issues related to the use of pumped-storage hydroelectric plants for covering peak electrical loads and during the decline in load during off-peak periods. It provides a concise description of international experience and the main design solutions, clearly noting the essential structural elements required for the operation of pumped-storage hydroelectric plants (upper reservoir, lower reservoir, water intake structures, water conduits, etc.), as well as the main principles of classifying these plants based on various characteristics.

The article also discusses thermal energy storage systems.

Keywords: electrical accumulators, underground compressed air accumulators, inertial accumulators, supercapacitors, inductive (electrodynamical) accumulators, electrochemical accumulators, pneumatic accumulators, thermal accumulators.

ՀՏԴ 621.175

Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ե.Ք. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ա.Զ. ԿԻՉԱԾՅԱՆ

ՋԷԿ-ԵՐԻ ԵՎ ԱԷԿ-ՆԵՐԻ ՇՈԳԵՏՈՒՐԲԻՆՆԵՐԻ ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ
ՀՈՒՍԱԼԻՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԱՀԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ՈՐՈՇ ՀԱՐՑԵՐԻ
ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Հետազոտվել են ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների շոգետուրբինների կոնդենսատորների հուսալիության (հիդրավլիկ կիպության տեսանկյունից) և ջերմատեխնիկական ցուցանիշների բարձրացման ուղիները՝ հովացնող խողովակների ներքին մակերևույթների մաքրության պահպանմամբ, կոռոզիակայուն մետաղների կիրառմամբ, խողովակային համակարգի ժամանակին կատարված արատորոշմամբ (դիագնոստիկայով), կոնստրուկտորա-նախագծային ճիշտ լուծումներով և կատարելագործմամբ:

Առանցքային բաներ. ՋԷԿ, ԱԷԿ, կոնդենսացիոն տեղակայանք, հովացնող ջուր, կոնդենսատ, հիդրավլիկ կիպություն, ջերմատեխնիկական ցուցանիշներ, կոռոզիակայուն մետաղներ:

ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների աշխատանքի երկարամյա փորձը վկայում է, որ կոնդենսատորների հիդրավլիկ կիպությունը հանդիսանում է տուրբատեղակայանքի

և, ընդհանրապես, էներգաբլոկի հուսալի և շահավետ աշխատանքի ապահովման կարելիորագույն գործոնը: Դա, առաջին հերթին, պայմանավորված է այն իրողությամբ, որ կոնդենսատորը հովացնող ջրի ներծծումները պատճառ են դառնում շոգեգեներատորի առանձին տարրերում ճաքճքումների առաջացման և շոգետուրբինի հոսման մասի կոռոզիոն վնասման: Անվիճարկելի է, որ կոնդենսացիոն տեղակայանքը ոչ պակաս ազդեցություն է ունենում նաև տուրբատեղակայանքի տեխնիկա-տնտեսական ցուցանիշների վրա՝ կոնդենսատորում նոսրացման վատացման հետևանքով:

Ջէկ-երի և Աէկ-ների սարքավորումների հուսալիությանը ներկայացվող օրեցօր աճող պահանջների և հիդրավլիկ կիպության խախտման հետ կապված բեռնաթափումների և կանգի հետևանքով առաջացած մեծ կորուստների պայմաններում առանձնահատուկ նշանակություն է ստանում կոնդենսացիոն տեղակայանքի արդյունավետ և հուսալի աշխատանքի ապահովումը [1]:

Ակնհայտ է, որ բլոկային աղազերծիչ տեղակայանքը (ԲԱՏ) չի վերացնում ջերմակրի բարձր որակի ապահովման խնդիրը, ավելին՝ ԲԱՏ-ի կիրառումը պահանջում է զգալիորեն ավելի մեծ լրացուցիչ ծախսումներ, քան կոնդենսատորների բարձր կիպության ապահովումը:

Կոնդենսացիոն տեղակայանքի, մասնավորապես՝ կոնդենսատորների հուսալի և շահավետ աշխատանքին հասնում են՝

1. կոնդենսատորի հովացման մակերևույթը ձևավորող խողովակների ներքին մակերևույթների վրա նստվածքագոյացումների հնարավորինս կանխարգելմամբ և մաքրության պահպանմամբ,
2. կոնստրուկցիոն նյութերի կոռոզիոն պրոցեսների արագության նվազեցմամբ,
3. խողովակային համակարգի վիճակի ժամանակին արատորոշմամբ,
4. կոնստրուկցիաների կատարելագործմամբ:

Կոնդենսատորի հովացման մակերևույթի խողովակների մաքրության պահանջվելիք մակարդակի ապահովմանը հասնում են ջրաքիմիական ճիշտ ռեժիմի պահպանմամբ և օպտիմալ պարբերականությամբ ջերմափոխանցման մակերևույթի մաքրումներ իրականացնելով: Ստորև բերված աղյուսակում ներկայացված են ջերմափոխանցման մակերևույթների մաքրման հայտնի քիմիական և ֆիզիկական մեթոդները՝ հաշվի առած նստվածքագոյացումների տեսակները:

Մաքրման մեթոդները և գործիքամիջոցները	Նստվածքագոյացման տեսակը		
	աղային	մեխանի- կական	կենսաբա- նական
Քիմիական մաքրում	⊕	⊖	⊖
Մեխանիկական մաքրում	⊕	⊕	⊕
Բարձր ճնշման տեղակայանք	⊕	⊕	⊕
Հիդրավլիկական ատրճանակ	⊖	⊕	⊕
Ծակոտկեն գնդիկներով մաքրում	⊕	⊖	⊕
Ջրաօդային չորացում	⊖	⊕	⊕
Ջերմային և նոսրացմամբ (վակուումային) չորացում	⊖	⊖	⊕
Արագընթաց լվացում	⊖	⊕	⊕
Էլեկտրա-հիդրոիմպուլսային մաքրում	⊕	⊖	⊖
⊕-կիրառվում է, ⊖-չի կիրառվում			

Ջերմափոխանակիչ ցանկացած ապարատի մաքրման մեթոդի և տեխնոլոգիայի ընտրումն իրականացվում է՝ ելնելով նրա կառուցվածքային առանձնահատկություններից, մակերևույթների աղտոտման պատճառներից և տեսակներից, սակայն վերը բերված աղյուսակում ընդգրկված մաքրման մեթոդներից ոչ մեկն էլ չի կարելի վերագրել օպտիմալին: Այդ մեթոդներից յուրաքանչյուրն ունի և՛ առավելություններ, և՛ թերություններ և պետք է ընտրվի՝ հաշվի առնելով կոնդենսացիոն տեղակայանքի շահագործման առանձնահատկությունները: Նոր կոնստրուկցիոն նյութերի կիրառումը, հաշվի առած նաև կոնդենսատորների կառուցվածքային առանձնահատկությունները, հնարավորություն են ընձեռում՝ նվազեցնելու կոռոզիոն պրոցեսների արագությունը: Ներկայումս լայնորեն կիրառվում են կոռոզիակայուն մետաղների տեսակներ կոնդենսատորների հովացման մակերևույթների խողովակների պատրաստման և արդիականացման նպատակով:

Այդ նյութերի թվին են պատկանում.

Տիտան BT-1-0, ASTMTP316L, ASTMTP321, ASTMTP304, ASTMTP316Ti մակնիշի չժանգոտվող պողպատները: Կոնստրուկցիոն նյութի կոնկրետ տեսակի ընտրությունն իրականացվում է հովացնող ջրի և կոնդենսատի որակի ցուցանիշների հիման վրա և հաստատվում տեխնիկա-տնտեսական հաշվարկով: Կոնդենսացիոն տեղակայանքի աշխատանքի արդյունավետության և հուսալիության բարձրացմանը նպատակաուղղված միջոցառումների շարքը կարող է դասվել կոնդենսատորի հովացման մակերևույթի խողովակային համակարգի վիճակի ճիշտ ժամանակին արատորոշումը [2]: ՋԷԿ-երում և ԱԷԿ-ներում կիրառվող հիմնական դիագնոստիկական մեթոդներից կարելի է առանձնացնել հետևյալը.

1. Մրրկահոսանքային հսկողություն զոնդի միջոցով, որը տեղաշարժվում է խողովակի ներսում՝ ամբողջ երկրաչափական երկայնությամբ: Հնարավորություն է տալիս՝ որոշելու վնասվածքի (արատի) չափերը մինչև +0.2 մմ ճշգրտությամբ: Այս մեթոդը ծախսատար է և կիրառելի է միայն պլանա-նախազգուշական վերանորոգման (ՊՆՎ) ժամանակահատվածում:

2. Ուլտրաձայնային միկրոֆոն (հոսքափնտրիչ) ТУЗ-5М, որը հնարավորություն է տալիս՝ գտնելու վնասված խողովակների գոտին (միակի խողովակի արատորոշումն իրականացվում է դժվարությամբ, քանզի միկրոֆոնը զգայուն է կողմնակի աղմուկի նկատմամբ): Սարքը պատրաստված է ոչ հերմետիկ, և խոնավ միջավայրում մի քանի փնտրտուքից հետո, որպես կանոն, երկու սարքից մեկը խափանվում էր:

3. Խողովակի ամբողջականության ստուգումը կոնդենսատորի գոլորշային տարածքի ջրալցման մեթոդով կարող է իրականացվել միայն ՊՆՎ ժամանակ և միայն ստորին յարուսի հոսքերի համար:

4. Վնասված խողովակների հայտնաբերումը նոսրացման պայմաններում բարակ պոլիմերային թաղանթի (3 մկմ հաստությամբ) միջոցով: Որպես կանոն, իրականացվում է ՊՆՎ –ից հետո և էներգաբլոկի աշխատանքի ժամանակ պարբերաբար (կոնդենսատա-հավաքիչում ջրաքիմիական ռեժիմի վատացման պարագայում):

5. Ապամոնտաժված խողովակների հետազոտումը մետաղների լաբորատորիայում:

Անհրաժեշտ է արձանագրել, որ կոնդենսացիոն տեղակայանքների կառուցվածքային կատարելագործումն իրականացվում է հաշվա-փորձարարական մշակումների հիման վրա, հաշվի առնելով շահագործման փորձը և կոնստրուկտորա-տեխնոլոգիական լուծումները:

Հիմնական միջոցառումների շարքացանկից պետք է առանձնացնել հետևյալները՝

- խողովակների հուսալի և կիպ ամրացման ապահովում (հիմնական «խողովակատախտակներում» հովացնող խողովակների գրտնակումը և եռակցումը),
- կոնդենսատորի իրանի և հովացնող խողովակների ջերմային ընդարձակումների հերմետիկության վրա ազդեցության չեզոքացումը,
- կանգառային կոռոզիայի կանխարգելումը (խողովակների թեքության կիրառում),
- խողովակային միջնապատերի միջև ճիշտ թռիչքների ընտրումը՝ թրթումների նվազեցման ու խողովակափնջերի արդյունավետ հարմարադասավորման նպատակով, ինչն ապահովում է շոգու չափավոր արագությունները,

- խողովակային համակարգերի արդյունավետ մոդուլային հարմարադասավորման կիրառումը,

- կոնդենսատոր տրվող շոգեջրային հոսքերի մուտքերի օպտիմալ սխեմայի կիրառումը՝ բացառելու համար հովացնող խողովակների ջրառղղումը,

- լրիվ գործարանային պատրաստականության խողովակափնջերի բլոկների մատակարարումը, ապահովելով անհրաժեշտ հսկողություն և բարձր որակ:

Ի տարբերություն շոգետուրբինների կոնդենսատորներում նախկինում կիրառվող խողովակափնջերի ժապավենային հարմարադասավորման՝ ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների հզոր տուրբինների կոնդենսատորներում ներկայումս ընդունված է խողովակափնջերի մոդուլային հարմարադասավորում, որով հաստատվել է բարձր ջերմային արդյունավետությունը և ունի փոքր գաբարիտային չափեր ու զանգված: Բացի նշվածից, այդպիսի հարմարադասավորման կիրառումը հնարավորություն է տալիս՝ նախագծելու կոնդենսատորը բլոկային իրականացմամբ, ինչը հնարավոր է դարձնում վերջինիս տեղափոխումը և հետագա մոնտաժը կազմակերպելու նաև կապիտալ վերանորոգման ժամանակահատվածում [3]:

Ընդհանրացնելով կարող ենք արձանագրել, որ ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների շոգետուրբինների կոնդենսատորների հուսալիությանը (հիդրավլիկական կիպության տեսանկյունից) և ջերմատեխնիկական ցուցանիշների բարձրացմանը կարելի է հասնել հովացնող խողովակների ներքին մակերևույթների մաքրության պահպանմամբ, կոռոզիակայուն մետաղների կիրառմամբ, խողովակային համակարգի ժամանակին կատարված արատորոշմամբ և կոնստրուկտորա-նախագծային ճիշտ լուծումներով ու կատարելագործմամբ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Методические указания** по эксплуатации конденсационных установок паровых турбин электростанции: РД 34.30.501: Утв. Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 04.06.1985; введ. в действие с 01.07.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 102 с.
2. **Справочник** по теплообменным аппаратам паротурбинных установок / Ю.М. Бродов и др.; Под общ. ред. Ю.М. Бродова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 480 с.
3. **Теплообменники** энергетических установок: Учебник для вузов/ К.Э. Аронсон и др.; Под ред. Ю.М. Бродова. – Екатеринбург: Изд-во «Сократ», 2002. – 968 с.

Վ.Յ. ՄԱՐՈՒԿՅԱՆ, Ն.Բ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Ն.ՅՈ. ԴԱՎԿՅԱՆ

**АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ
ПАРОВЫХ ТУРБИН ТЭС И АЭС**

Исследованы пути повышения надежности (с точки зрения гидравлической герметичности) и теплотехнических показателей конденсаторов паровых турбин ТЭС и АЭС за счет поддержания чистоты внутренних поверхностей охлаждающих трубок, применения коррозионноустойчивых металлов, своевременной диагностики трубопроводной системы, правильных усовершенствованных проектно- конструкторских решений.

Ключевые слова: ТЭС, АЭС, конденсационная установка, охлаждающая вода, конденсат, гидравлическая плотность, теплотехнические показатели, коррозионно-стойкие металлы.

V.Z. MARUKHYAN, N.B. BADALYAN, N.YU. DAVTYAN

**ANALYSIS OF SOME ISSUES OF RELIABILITY AND INCREASE OF
PROFIT OF STEAM TURBINE CONDENSERS OF TPPS AND NPPS**

Ways to increase the reliability (from the point of view of hydraulic tightness) and thermotechnical indicators of the condensers of thermal power plants and NPP steam turbines have been investigated, due to the maintenance of the cleanliness of the internal surfaces of the cooling pipes, the use of corrosion-resistant metals, timely diagnosis of the piping system and design with the right design solutions and improvements.

Keywords: TPP, NPP, condensing installation, cooling water, condensate, hydraulic density, thermotechnical indicators, corrosion-resistant metals.

ՀՏԴ 621.175

Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԿՅԱՆ, Ն.ՅՈՒ. ԴԱՎԿՅԱՆ

**ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ ՊԻՏԱՆԻՈՒԹՅԱՆ ԱՐԱՏՈՐՈՇՄԱՆ ՄԻ ՇԱՐՔ
ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ**

Հետազոտվել են կոնդենսացիոն տեղակայանքի սարքավորումներում ընթացող ֆիզիկա-քիմիական պրոցեսները: Կատարվել է կոնդենսատորների տարբեր մեթոդներով հաշվարկների արդյունքների համադրական վերլուծություն:

Առանցքային բաներ. կոնդենսացիոն տեղակայանք, կոնդենսատորի խողովակափունջ, օդագոլորշային խառնուրդ, ջերմափոխանցման ինտենսիվություն, ջերմահաղորդականության գործակից, մաքրության աստիճան:

Կոնդենսացիոն տեղակայանքների մոնիտորինգի և արատորոշման (դիագնոստիկայի) գործառույթների իրականացումն անհնար է՝ առանց սարքավորում-