

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ

ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАХБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ
ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ-МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ
ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКА

йўналиши

“ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ МУАММОЛАРИ”

модули бўйича

Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А

ТОШКЕНТ -2021

Мазкур ўқув-услубий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648 сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастур асосида тайёрланди

Тузувчи: ТДТУ, “Электр станциялари, тармоқлари ва тизимлари” кафедраси мудири, т.ф.д.,
проф. Т.Ш Гайибов

Тақризчи: ТДТУ, т.ф.д., профессор А.Таслимов

Ишчи ўқув-услубий мажмуа Тошкент давлат техника университети Кенгаши-нинг 2020 йил 18 декабрдагидаги 4 сонли йиғилишида кўриб чиқилиб, фойдаланишга тавсия этилди.

МУНДАРИЖА

<u>I. ИШЧИ ДАСТУР</u>	4
<u>II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ</u>	9
<u>III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР</u>	19
<u>IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ</u>	101
<u>V. ГЛОССАРИЙ</u>	114
<u>VI. ФОЙДАЛАНГАН АДАБИЁТЛАР</u>	117

І. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда тасдиқланган “Таълим тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февраль “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон, 2019 йил 27 август “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сон, 2019 йил 8 октябрь “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармонлари ҳамда Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрь “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чоратadbирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарорида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Ушбу ишчи ўқув дастурда энергетика тараққиётининг замонавий ҳолати, энергетик ишлаб чиқаришнинг экологик муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари, интеллектуал электр тизимлари, энергияни аккумуляциялаш муаммолари, бирлашган энергетика тизимлари, электр энергиясини узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш жараёнида энергетик самарадорликни ошириш усулларини ўрганиш бўйича муаммолар баён этилган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Жаҳон ва Ўзбекистон Республикаси миқёсида энергетиканинг замонавий ҳолати; энергия ресурслари ва энергияни ишлаб чиқариш, узтиш, ўзгартириш, тақсимлаш ва истеъмол қилишда самарадорликни ошириш муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари; энергетика экология муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари; интеллектуал электр энергетика тизимларини шакллантириш ва улардан фойдаланиш; электр энергиясини қайта тикланувчан ва алтернатив энергия манъбаридан фойдаланиб ишлаб чиқаришнинг замонавий ҳолати ва истиқболлари билим, кўникма ва малакани шакллантиришдир.

Модулнинг вазифалари:

- энергетика тараққиётининг замонавий ҳолати ва муаммоларини ўрганиш;
- энергетик ишлаб чиқаришнинг экологик муаммолари ва уларни ҳал этиш йўлларини ўрганиш;
- интеллектуал электр тизимлари, уларни ташкил этиш ва уларнинг самарадорлигини ўрганиш;
- энергияни аккумуляциялаш муаммолари ва уларни ҳал этишнинг йўллари ҳақида билимларни шакллантириш;
- бирлашган энергетика тизимларини шакллантириш, уларнинг аҳамияти ва ишлатиш бўйича билимларни ҳосил қилиш;
- электр энергиясини узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш жараёнида энергетик самарадорликни ошириш усулларини ўрганишдан иборат.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

“Энергетика ва энергия самарадорлик муаммолари” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- Жаҳон ва Ўзбекистон Республикаси миқёсида энергетиканинг бугунги кунги ҳолати ва муаммолари;
- энергетик самарадорликни таъминлашнинг замонавий ҳолати ва уни оширишнинг йўллари;
- интеллектуал электр тизимлари, уларни ташкил этиш ва уларнинг аҳамияти;
- электр энергияни аккумуляциялашнинг муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари;
- бирлашган энергетика тизимларини ташкил этишнинг аҳамияти;
- электр энергияни ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш жараёнида энергетик самарадорликни ошириш усуллари ҳақида **билимларга эга бўлиши;**

Тингловчи:

- энергетика объектларининг самарадорлигини ва уларни атроф-муҳитга таъсири даражасини аниқлаш;
- интеллектуал электр тизимларининг самарадорлигини аниқлаш;
- бирлашган энергетика тизимларининг режимларини оптимал режалаштириш;
- электр тармоқларида исрофларни ҳисоблаш ва камайтириш **кўникма ва малакаларини эгаллаши;**
- ***Тингловчи:***
- эгаллаган билим ва кўникмаларга асосланган ҳолда энергетика ва энергия самарадорлигини муаммоларини ҳал этиш;
- интеллектуал электр тизимларини ташкил этиш ва уларни ишлатиш;
- энергияни аккумуляциялашнинг самарали усуллари танлаш;
- энергетика тизимларининг самарали иш ҳолатларини режалаштириш ва таъминлаш;
- электр энергияси узатиш ва тақсимлаш жараёнида юқори самарадорликни таъминлаш **компетенцияларни эгаллаши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Энергия самарадорлиги муаммолари” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;
- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Энергия самарадорлиги муаммолари” модули ўқув режанинг махсус фанлар блокадаги “Қайта тикланувчан ва муқобил энергия манъбалари”, “Электр тармоқларида исрофларни ҳисоблаш ва камайтириш тадбирлари” ва “Электр энергия назорати ва ҳисобининг автоматлаштирилган ахборот-ўлчов тизимлари” фанлари билан узвий боғлиқдир. Шу билан бир қаторда модулни ўзлаштиришда ўқув режанинг бошқа блоклари фанлари билан муайян боғлиқлик мавжуддир.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Ўзбекистон Республикасининг энергетика тизимини замонавий юқори даражадаги самарадорликка эга бўлган жиҳозлар ва қурилмалар ҳисобига ривожлантириш, энергия ресурсларидан фойдаланиш, электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш, тақсимлаш, ўзгартириш ва истеъмол қилишда юқори самарадорликка эришиш ўта долзарб масала ҳисобланади. Ушбу муаммони ҳал этишда биринчи навбатдаги вазифа замонавий талабларга жавоб берувчи мутахассисларни тайёрлаш ҳисобланади. Шу сабабли бундай мутахассисларни тайёрлаш учун ушбу соҳа бўйича таълим берувчи олий таълим тизими ўқитувчиларининг малакасини оширишда “Энергия самарадорлиги муаммолари” модули алоҳида ўринни эгаллайди.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат			
		Жами	Назарий	Амалий машғулот	Кўчма машғулот
1.	Жаҳон энергетикаси ва энергия самарадорлиги муаммолари	4	2	2	
2.	Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг ҳолати ва муаммолари	8	2	2	4
3.	Энергия самарадорлигини оширишда аккумуляциялашнинг ўрни	4	2	2	
4.	Энергетика тизимларининг оптимал иш ҳолатларини таъминлаш	4	2	2	
	Жами:	20	8	8	4

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-маву: Жаҳон энергетикаси ва энергия самарадорлиги муаммолари.

Энергия ва энергия ресурси тушунчалари. Жаҳон миқёсида энергия ресурсларининг захиралари, улардан фойдаланиш тенденциялари ва истиқболлари. Электр энергиясини турли анъанавий ва ноанъанавий электр

станциялари ва қурилмаларида ишлаб чиқариш кўрсаткичлари. Электр энергетикаси тараққиётининг истиқболлари.

Энергия самарадорлиги тушунчаси. Энергия ресурсларини олиш ва улардан фойдаланиш, электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлашда энергия самарадорлигини ошириш.

Энергетика ва экология муаммолари. Уларнинг ўзаро боғлиқлиги. Экология муаммоларини ҳал этишнинг йўллари.

2-мавзу: Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг ҳолати ва муаммолари.

Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг замонавий ҳолати. Ўзбекистон Республикасида электр энергиясини ишлаб чиқариш масштаблари. Ўзбекистон Республикасида энергетика тараққиётининг замонавий муаммолари. Ўзбекистон Республикаси энергетикаси тараққиётининг асосий йўналишлари. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича бажарилаётган ва режалаштирилиётган асосий лойиҳалар.

3-мавзу: Энергия самарадорлигини оширишда аккумуляциялашнинг ўрни.

Электр энергетик тармоқларини бошқариш учун интеллектуал тизимлари олдига қўйиладиган масалалар. Интеллектуал электр тизимларнинг келажаги.

Энергияни аккумуляциялаш тушунчаси. Энергияни аккумуляциялашнинг аҳамияти. Энергияни аккумуляциялаш усуллари. Энергия самарадорлигини оширишда энергияни аккумуляциялашнинг ўрни.

4-мавзу: Энергетика тизимларининг оптимал иш ҳолатларини таъминлаш.

Энергетика тизимининг ҳолати ва уни оптималлаш тушунчаси. Энергетика тизими юкларини оптимал қоплаш масаласи. Энергетика тизими ҳолатини оптималлаш масаласининг қўйилиши. Энергетика тизими ҳолатини оптималлаш усуллари.

Энергетика тизимининг ҳолатини комплекс оптималлаш. Электр тармоқларининг ҳолатларини оптималлаш масаласи. Электр тармоқларининг ҳолатларини оптималлаш масаласини ечиш усуллари.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот: Жаҳон энергетикаси ва энергия самарадорлиги муаммолари.

Электр станцияси ва қурилмасининг ишлаб чиқарувчи қуввати ва самарадорлиги бўйича сарфланувчи бирламчи энергия ва энергия ресурсининг миқдорини аниқлаш. Энергияни турли бирликларда ифодалаш.

Электр станцияси ва қурилмасида сарфланувчи бирламчи энергия ресурси ва ишлаб чиқариқарилувчи электр энергияси миқдори бўйича унинг фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш. Электр станциялари ва қурилмаларининг самарадорлигини аниқлаш.

2-амалий машғулот: Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг ҳолати ва муаммолари.

Ўзбекистон Республикасидаги электр станцияларида сарфланувчи бирламчи энергия ресурсларининг миқдорини ҳисоблаш.

Ўзбекистон Республикасидаги электр станцияларида сарфланувчи бирламчи ресурс миқдори бўйича узатувчи электр энергияси миқдорини аниқлаш. Электр станциялари ва тармоқларининг самарадорлигини ошириш.

3- амалий машғулот: Энергия самарадорлигини оширишда аккумуляциялашнинг ўрни.

Электр энергиясини аккумуляциялаш орқали юклама графигини текислаш. Юклама графигини текислаш орқали иқтисодий самарадорликни ошириш. Аккумуляциялаш орқали ИЭСларнинг юклама графикларини текислаш. ИЭС ю.клама графигининг текисланиши ҳисобига олинувчи самарадорликни ошириш.

4- амалий машғулот: Энергия самарадорлигини оширишда аккумуляциялашнинг ўрни .

Энергетика тизимининг актив юкласини иссиқлик электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш. ГЭСларнинг оптимал иш режимларини аниқлаш.

Электр тармоқларининг иш ҳолатларини оптималлаш усуллари. Электр тармоқларининг ҳолатларини реактив қувват бўйича оптималлаш. Ёпиқ электр тармоқларида қувват оқимини оптималлаштириш усуллари.

КЎЧМА МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

Мавзу: Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг ҳолати ва муаммолари

Кўчма машғулотда тингловчиларни Магистрал электр тармоқлари корхонаси ва Электрон ҳисоблагич ҚК МЧЖга олиб бориш кўзда тутилган. Мавзу юзасидан янги техника технологиялар ва амалий ишларни бажариш режалаштирилган.

ТАЪЛИМНИ ТАШКИЛ ЭТИШ ШАКЛЛАРИ

Таълимни ташкил этиш шакллари аниқ ўқув материали мазмуни устида ишлаётганда ўқитувчини тингловчилар билан ўзаро ҳаракатини тартиблштиришни, йўлга қўйишни, тизимга келтиришни назарда тутати.

Модулни ўқитиш жараёнида қуйидаги таълимнинг ташкил этиш шаклларидан фойдаланилади:

- маъруза;
- амалий машғулот.

Ўқув ишини ташкил этиш усулига кўра:

- жамоавий;
- гуруҳли (кичик гуруҳларда, жуфтликда);
- якка тартибда.

Жамоавий ишлаш – Бунда ўқитувчи гуруҳларнинг билиш фаолиятига раҳбарлик қилиб, ўқув мақсадига эришиш учун ўзи белгилайдиган дидактик ва тарбиявий вазифаларга эришиш учун хилма-хил методлардан фойдаланади.

Гуруҳларда ишлаш – бу ўқув топшириғини ҳамкорликда бажариш учун ташкил этилган, ўқув жараёнида кичик гуруҳларда ишлашда (3 тадан – 7 тагача

иштирокчи) фаол роль ўйнайдиган иштирокчиларга қаратилган таълимни ташкил этиш шаклидир. Ўқитиш методига кўра гуруҳни кичик гуруҳларга, жуфтликларга ва гуруҳларора шаклга бўлиш мумкин.

Бир турдаги гуруҳли иш ўқув гуруҳлари учун бир турдаги топширик бажаришни назарда тутаяди.

Табақалашган гуруҳли иш гуруҳларда турли топширикларни бажаришни назарда тутаяди.

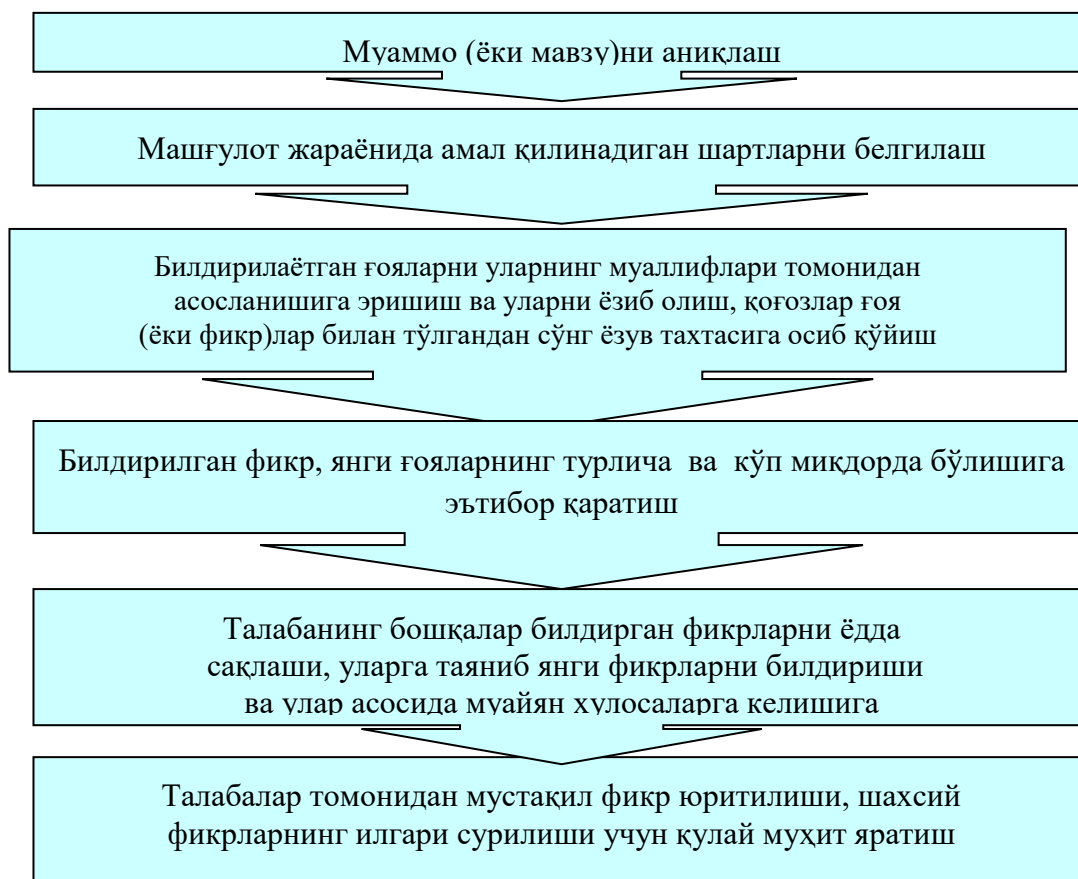
Якка тартибдаги шаклда - ҳар бир таълим олувчига алоҳида- алоҳида мустақил вазифалар берилади, вазифанинг бажарилиши назорат қилинади.

II.МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

“АҚЛИЙ ҲУЖУМ” МЕТОДИ

Метод талабаларни мавзу хусусида кенг ва ҳар томонлама фикр юритиш, ўз тасаввурлари, ғояларидан ижобий фойдаланишга доир кўникма, малакаларни ҳосил қилишга рағбатлантиради. У ёрдамида ташкил этилган машғулотларда ихтиёрий муаммолар юзасидан бир неча оригинал (ўзига хос) ечимларни топиш имконияти туғилади. Метод мавзу доирасида маълум қарашларни аниқлаш, уларга муқобил ғояларни танлаш учун шароит яратаяди.

Уни самарали қўллашда қуйидаги қоидаларга амал қилиш лозим:



Машғулотда методни қўллашда қуйидагиларга эътибор қаратиш лозим:

Ўқувчи (талаба)ларни муаммо доирасида кенг фикр юритишга ундаш, улар томонидан мантиқий фикрларнинг билдирилишига эришиш

Ҳар бир ўқувчи (талаба) томонидан билдириладиган фикрлар рағбатлантирилиб борилади, билдирилган фикрлар орасидан энг мақбуллари танлаб олинади; фикрларнинг рағбатлантирилиши навбатдаги янги фикрларнинг туғилишига олиб келади

Ҳар бир ўқувчи (талаба) ўзининг шахсий фикрларига асосланиши ва уларни ўзгартириши мумкин; аввал билдирилган фикрларни умумлаштириш, туркумлаштириш ёки уларни ўзгартириш илмий асосланган фикрларнинг шаклланишига замин ҳозирлайди

Машғулотда ўқувчи (талаба)лар фаолиятини стандарт талаблар асосида назорат қилиш, улар томонидан билдириладиган фикрларни баҳолашга йўл қўйилмайди (зеро, фикрлар баҳоланиб борилса, ўқувчи (талаба)лар диққатларини шахсий фикрларни ҳимоя қилишга қаратади, оқибатда янги фикрлар илгари сурилмайди; методни қўллашдан кўзланган асосий мақсад ўқувчи (талаба)ларни муаммо бўйича кенг фикр юритишга ундаш эканлигини ёдда тутиб, уларни баҳолаб боришдан воз кечишдир)

**Ақлий ҳужум методининг мавзуга қўлланилиши:
Фикрлаш чун бериладиган саволлар:**

1. Туғри алоқа каналлари қандай вазифани бажаради?
2. Хисоблагичларнинг бирламчи ахборотлари қандай аниқланади?
3. Интерфейс узгартиргичларининг ишлаш принципи қандай?
4. Мультиплексор орқали хисоблагичларда сўров ўтказилиши билан ЭНАТни қандай ташкил этилади?
5. Модем орқали хисоблагичларда сўров ўтказилиши билан ЭНАТни қандай ташкил этилади?.

“ЕЛПИҒИЧ” МЕТОДИ

Бу методи мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммо характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган.

Методининг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир йўла ахборот берилади. Айти пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида нуқталардан муҳокама этилади. Масалан, ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари белгиланади.

Бу интерфаол методи танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўз ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда ихчам баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади.

“Елпиғич” методи умумий мавзунинг айрим тармоқларини муҳокама қилувчи кичик гуруҳларнинг, ҳар бир қатнашувчининг, гуруҳнинг фаол ишлашига қаратилган.

“Елпиғич” методи умумий мавзуни ўрганишнинг турли босқичларда қўлланиши мумкин.

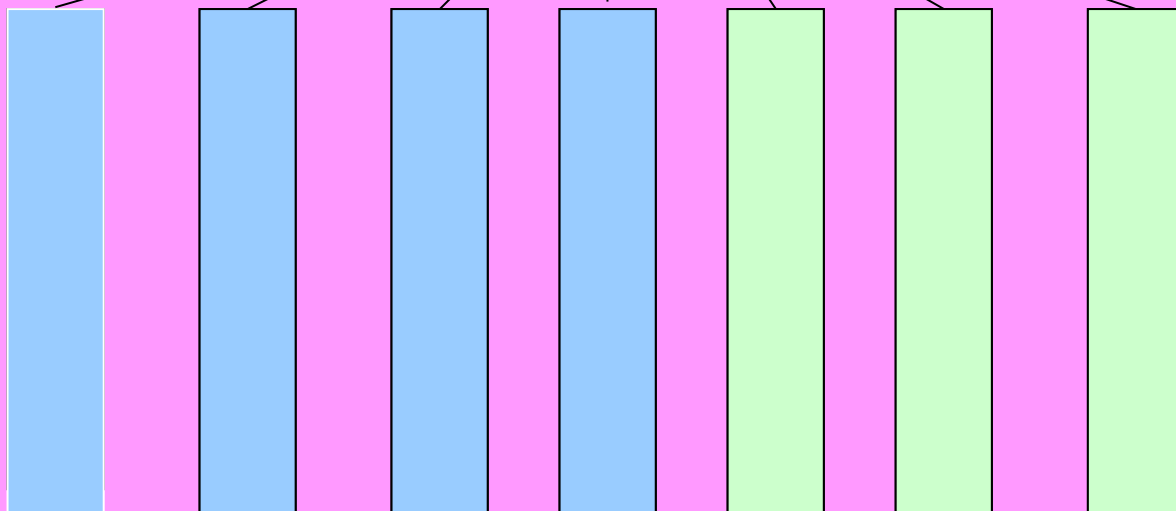
-бошида: ўз билимларини эркин фаолаштириш;

-мавзуни ўрганиш жараёнида: унинг асосларини чуқур фаҳмлаш ва англаб етиш;

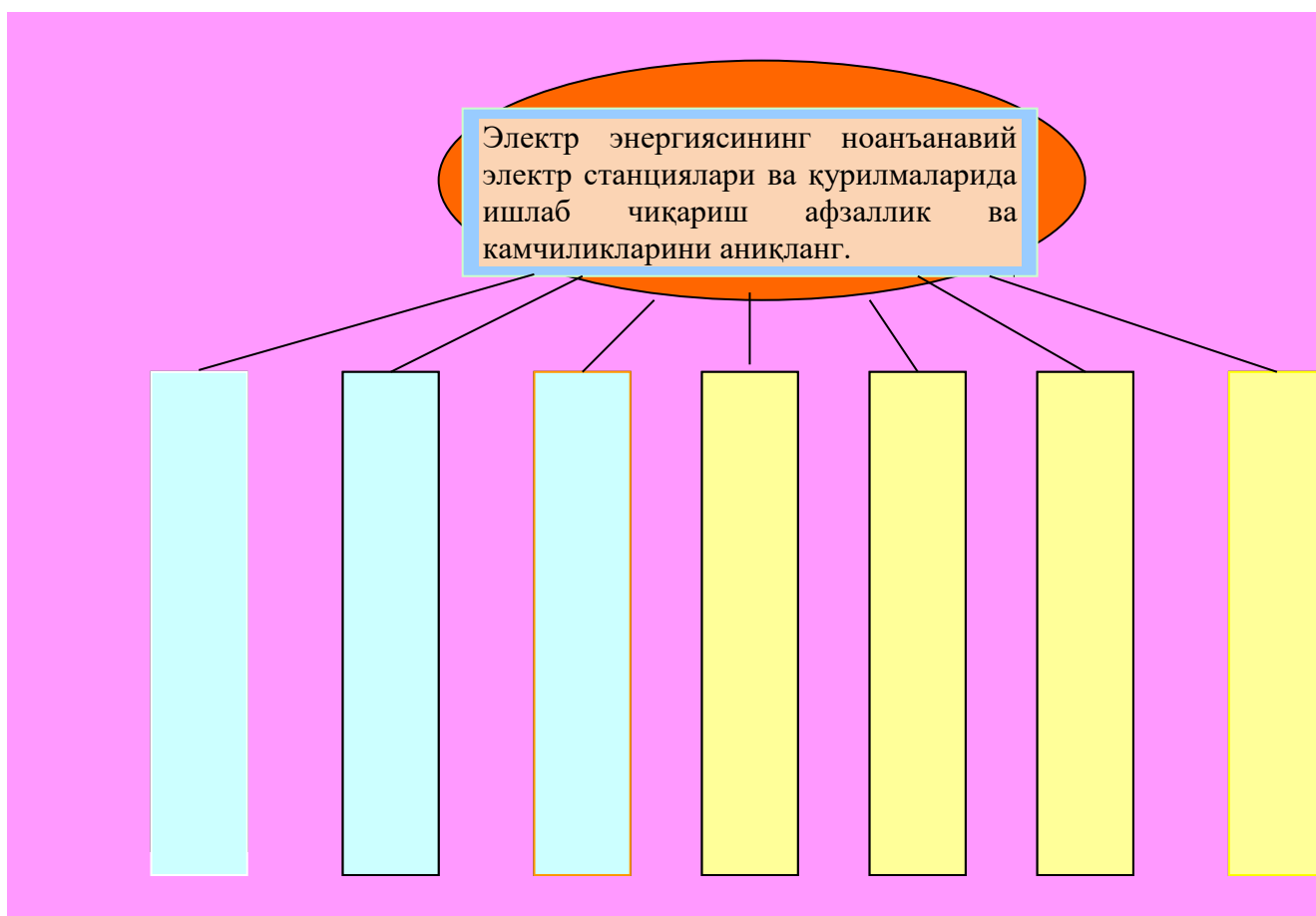
-яқунлаш босқичида: олинган билимларни тартибга солиш.

1-гурухга вазифа:

Электр энергиясининг анъанавий
электр станциялари ва
қурилмаларида ишлаб чиқариш
афзаллик ва камчиликларини



2-гурухга вазифа:



“Резюме” методи

“Резюме” методи- мураккаб, кўп тармоқли мумкин қадар муаммоли мавзуларни ўрганишга қаратилган. Унинг моҳияти шундан иборатки, бунда бир йўла мавзунинг турли тармоқлари бўйича ахборот берилади. Айни пайтда уларнинг ҳар бири алоҳида нуқталардан муҳокама этилади. Масалан: ижобий ва салбий томонлари афзаллик ва камчиликлар, фойда ва зарарлар белгиланади. Ушбу методнинг асосий мақсади таълим олувчиларнинг эркин, мустақил, таққослаш асосида мавзудан келиб чиққан ҳолда ўқув муаммосини ечимини топишга ҳам керакли хулоса ёки қарор қабул қилишга, жамоа ўз фикрини билан таъсир этишга, уни маъқуллашга, шунингдек, берилган муаммони ечишга мавзуга умумий тушунча беришда ўтилган мавзулардан эгалланган билимларни қўллай олиш ўргатиш.

Мавзуга қўлланилиши: Маъруза дарсларида, семинар, амалий ва лаборатория машғулотларни яқка ёки кичик гуруҳлар ажратилган тартиб ўтказиш, шунингдек, ўйга вазифа беришда ҳам қўллаш мумкин. Машғулот фойдаланиладиган воситалар: А-3, А-4 форматдаги қоғозларида (гуруҳ сонига қараб) тайёрланган тарқатма материаллар маркерлар ёки рангли қаламлар.

“Резюме” методини амалга ошириш босқичлари:

- Таълим берувчи таълим олувчиларнинг сонига қараб 3-4 кишидан иборат кичик гуруҳ ажратилади;
- Таълим берувчи машғулотнинг мақсади ва ўтказилиш тартиби билан таништиради ва ҳар бири кичик гуруҳ қоғознинг юқори қисмига ёзув бўлган яъни асосий вазифа, унда ажратилган ўқув вазифалари ва уларни ечиш йўллари белгиланган, хулоса ёзма баён қилинадиган варақларни тарқатади;
- Ҳар бир гуруҳ аъзолари топшириқ бўйича уларнинг афзаллиги ва камчиликларини аниқлаб, ўз фикрларини маркерлар ёрдамида ёзма тарзда баён этадилар. Ёзма баён этилган фикрлар асосида ушбу муаммонинг ечимини топиб, энг мақбул вариант сифатида умумий хулоса чиқарадилар;
- Кичик гуруҳ аъзолари бири тайёрланган материалнинг жамоа номидан тақдимот этади. Гуруҳнинг ёзма баён этган фикрлари ўқиб эшиттиради, лекин хулоса қисми билан таништирилмайди;
- Таълим берувчи бошқа кичик гуруҳлардан тақдимот этган гуруҳнинг хулосасини сўраб, улар фикрини аниқлайди ва ўз хулосалари билан таништиради;
- Таълим берувчи гуруҳлар томонидан берилган фикрлар ёки хулосаларга изоҳ бериб, уларни баҳолайди, сўнги машғулотни якунлайди.

Методнинг мавзуга қўлланилиши:

Электроэнергия турлари					
Қуёш ёрдамида ишлаб чиқарилган электроэнергия		Шамол ёрдамида ишлаб чиқарилган электроэнергия		Сув ердамида ишлаб чиқарилган электроэнегия	
Афзаллиги	Камчили ги	Афзаллиги	Камчилиги	Афзаллиги	Камчилиги
Хулоса:					

III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-мавзу: Жаҳон энергетикаси ва энергия самарадорлиги муаммолари

Режа:

1. Жаҳон миқёсида энергия ресурсларидан фойдаланиш тенденциялари
2. Кўмирдан фойдаланиш асосида электр энергияси ишлаб чиқариш
3. Кўмирдан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқаришнинг иқтисодий кўрсаткичлари
4. Табиий газдан фойдаланиш асосида электр энергияси ишлаб чиқариш

Таянч сўз ва иборалар: Энергетика, энергия, энергия ресурси, қайта тикланувчан энергия ресурси, бирламчи ва иккиламчи энергия, экология, энергия ишлаб чиқариш, энергетиканинг ривожланиш тенденцияси, энергетик баланс.

1.1. Жаҳон миқёсида энергия ресурсларидан фойдаланиш тенденциялари.

Энергия иш бажариш қобилияти ҳисобланади. У заҳирадаги (потенциал) ва ишлатилаётган (кинетик) энергия турларига ажратилиши мумкин. Потенциал энергия ҳаракатни вужудга келтириш имконияти бўлса, кинетик энергия ҳаракатнинг энергияси ҳисобланади. Энергия ҳаракат (кинетик) энергияси иссиқлик энергияси, ёруғлик энергияси, фотосинтез (биологик) энергияси, батареяларда сақланган (кимёвий) энергия, конденсаторларда сақланган энергия (электр энергияси), атомда сақланган энергия (атом энергияси), гравитацион майдонла сақланган энергия (гравитацион энергия) каби турларга бўлинади¹.

Энергиянинг манъбаларига умумий мисол сифатида биомасса (ёғоч), казилма ёқилғилари (кўмир, нефть, табиий газ), сув оқими (гидроэлектр тўғонлари), атом материаллари (уран), қуёш нури ва геотермал иссиқлик кабиларни кўрсатиш мумкин.

Энергия манбалари қайта тикланувчан ва қайта тикланмайдиган манбаларга бўлинади. Қайта тикланмайдиган энергия манбаларига ўз вақтида муайян геологик шароитларда шаклланиб, ҳозирги геологик шароитларда шаклланмайдиган энергия ресурслари киради. Бундай манбаларнинг энергияси

¹ John R. Fanchi with Christopher J. Fanchi. Energy in the 21st Century. 2nd Edition. World Scientific Publishing Co. New Jersey..., 2011. p.1-2

улардан олинаётган энергиядан ортиқча бўладли. Уларга мисол қилиб қазилма ёқилғилари ва атом энергияси материалларини олиш мумкин. Қайта тикланувчан энергия манбаларига улардан олинувчи энергия манбада мавжуд энергиядан кам ёки кўпи билан унга тенг бўлувчи энергия манбалари киради. Уларга қуёш энергияси, шамол энергияси, биомасса энергияси кабиларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Қайта тикланмайдиган ва қайта тикланувчан энергия манбалари таркибидаги энергия бирламчи энергия ҳисобланади. Чунки улардан олинувчи энергия бевосита ҳам ашёдан олинувчи энергия ҳисобланади. Ёқилғининг энергияси бирламчи энергия ҳисобланиб, зарур бўлганда у бошқа турдаги энергияга айлантирилиши мумкин. Бирламчи энергия бирор антропоген усулда олинмаган ёки ўзгартирилмаган энергиядир. Бу ерда “антропоген” атамаси инсон фаолияти мавжудлигини билдиради. Бирламчи энергия энергия одатда кишиларнинг фойдаланиши учун қулай бўлган иккиламчи энергияга ўзгартирилади. Водород энергияси ва электр энергияси иккиламчи энергия ёки энергия ташувчиси ҳисобланади. Иккиламчи энергия манбалари бирламчи энергиядан фойдаланиб, шакллантирилади. Иккиламчи энергияни сақлаш ва уни кейинчалик ундан керак бўлган формада фойдаланиш мумкин.

Электрэнергиянинг бизнес муаммолари.

Энергияни ўзгартириш коммерциал энергия ишлаб чиқариш учун талаб этилади. Бунинг маъносини тушуниш учун кўмир ёқувчи электр станциясини олайлик. Кўмир ўз таркибида кимёвий энергияга эга. У ёқилганда кимёвий энергия иссиқлик энергиясига айланади. Иссиқлик энергияси сувни буғга айлантириб, унинг ҳаракат энергияси, яъни кинетик энергияни оширади. Оқиб борувчи буғнинг энергияси турбина ва генератор роторини айлантисунди. Генераторда механик энергия электр энергиясига айлантирилади. Реал тизимларда энергия исрофи юз беради ва шу сабабли ушбу мисолда ҳам генераторнинг самарадорлиги 100% дан кам бўлади.

Реал энергетика тизимларида бирламчи энергия фойдали ишга айлантирилади ва бунда бирламчи энергиянинг бир қисми исроф бўлади.

Тизимнинг эжнергетик самарадорлиги у томонидан фойдали иш бажаришга сарфланган энергияси унга берилган бирламчи эжнергияга нисбатидир. Шу сабабли умумий ҳолатда эжнергетик самарадорлик 0% дан 100% гача бўлиши мумкин. Мисол тариқасида иккита А ва В ёритиш лампаларини олайлик². Ҳар иккала лампа бир хил миқдордаги ёруғлик бергани ҳолда лампа В лампа А га нисбатан камроқ энергия сарфлайди. Бунинг сабаби лампа В нинг лампа А га нисбатан камроқ иссиқлик чиқаришидир. Ушбу ҳолатда лампа В нинг самарадорлиги лампа А никига нисбатан юқорирокдир, чунки у керак бўлган ёруғликни бериш учун нисбатан кам энергияни сарфлайди.

Ушбу мисол кўпроқ эжнергетик самарадор технологияларини жорий этиш асосида энергия истеъмолини камайтириш мумкинлигини кўрсатади.

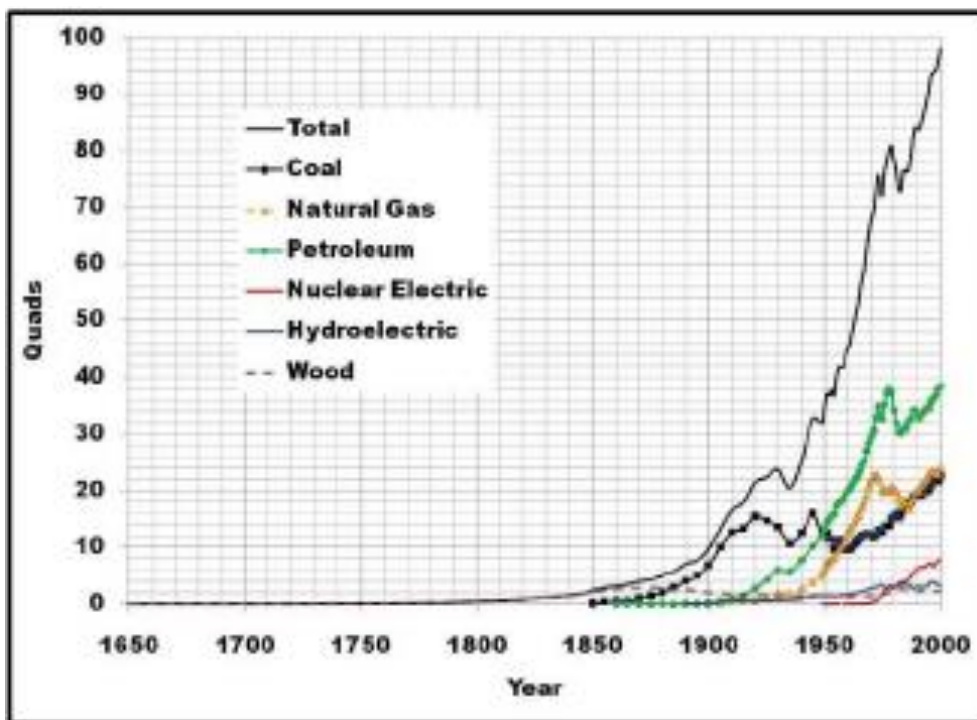
Юклама ўсиши

Аҳоли мавжуд минтақаларда технологик ютуқлар ва иқтисодиёт ўсди. XX асрнинг сўнгги ўн йили давомида амалда, АҚШ да талаб учун имкониятлар 18%, электр энергия истеъмони 35% ортди. Бу талаблар кўпроқ аҳоли зиж жойлашган жойларда ортиб боради.

1.1- расмда 1650-2000 йиллар оралиғида бугунги кунда Жаҳоннинг ривожланган мамлакатларидан бири ҳисобланган АҚШда энергия истеъмолининг ўзгариб бориши тасвирланган³. У ерда узоқ вақт давомида ёғоч асосий бирламчи ёқилғи бўлганлигини кўрамиз. Бу турдаги энергия манбасидан қазилма ёқилғиларига ўтиш 19- асрнинг ўқрталаридан бошланган. 19-асрнинг иккинчи ярмидан 20- асрнинг охирлларигача қазилма ёқилғилардан фойдаланиш асосий ўринни эгаллаган. Бошқа ривожланган мамалактларда ҳам турли энергия ресурсларидан фойдаланиш тенденцияси худди шунга ўхшаш.

² John R. Fanchi with Christoper J. Fanchi. Energy in the 21st Century. 2nd Edition. World Scientific Publishing Co. New Jersey..., 2011. p.3

³ John R. Fanchi with Christoper J. Fanchi. Energy in the 21st Century. 2nd Edition. World Scientific Publishing Co. New Jersey..., 2011. p.8-9



1.1- Расм. АҚШда энергия истеъмолининг ўзгариш динамикаси.

1.1- жадвалда 2008 йилда АҚШда энергия истеъмоли ва тўртта энергия ресурсларидан энергия ишлаб чиқариш даражаси квад бирлигида келтирилган. Ундан тахминан жами 74 квад миқдорида энергия ишлаб чиқарилган бўлса, 99 квад энергия истеъмол қилинганлигини кўрамыз. Бунда АҚШда ишлаб чиқарилмаган энергия миқдори импорт қилинган.

Ушбу жадвалда келтирилган маълумотлар Қўшма Штатларнинг энергетика бўлимининг энергетик маълумотлар администрацияси томонидан эълон қилинган.

1.1- жадвал. 2008 йилда АҚШда энергия ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш.

Energy Source	Production (quads)	Consumption (quads)
Total	73.71	99.30
Fossil Fuels	57.94	83.44
Electricity Net Imports		0.11
Nuclear Electric Power	8.46	8.46
Renewable Energy	7.32	7.30

Инфраструктуранинг эскириши

Дунёнинг кўплаб минтақаларида амортизация даражаси сервис қурилиш харажатларидан йуқорилаган. Бинобарин сервис қурилишига ажратилган харажатлар амортизация активларидан ортда қолган. Натижада сусайтирмасдан "амортизация" электр тармоғи кучланишга тобора боғлиқ бўлади ва унинг мустаҳкамлик захираси мавжудлигига қандай таъсир этади.

Билимларнинг камайиши

Билимдон ва малакали инсон ресурслари таълим талаб ва ривожлантириш учун вақт ажратишни талаб этади. Энергетика кучи камайиши билан, электр энергетика саноати олдидаги асосий бўлиб турган муаммо олдинги авлодни алмаштиришдан иборат. Бу вазият электр муҳандислик таълим йўналишлари ёрдам емас, электр муҳандислик оқими неъмат йўқ.

Сифат талаблари

Электр энергиянинг технологик истеъмолчилари ва шу билан бирга рақамли компьютер ҳисоблаш машиналари электр токининг жуда йуқори бўлган сифати талаб қилади. Баъзи мутахассислар ишончилиги **99,9%** дан йуқори бўлиш керак бўлади, деб кўрсатади **99.99999999%** ишончилиги учун (электр исрофлар йилига тахминан **8** соат) (32 сония электр исрофи). Шунингдек, саноатга авария ва бузилишлардан сақлаш мақсадида янги асбоб-ускуналарга муҳтож бўлади.

Тармоқнинг мураккаблиги

Энерготизим кўплаб бир-бирига боғлиқ бўлган тугунларни ўз ичига олади (операторни, электр истеъмолчиларни ва генераторлар, электр станциялар каби бир қанча қатламлари, бошқарув марказлари, узатиш бўйича тарқатиш ва корпоратив тармоқлар). Кўшимча мураккаблик, ушбу элементларнинг ўзаро алоқа натижасида мумкин бўлган бирикма сонининг кўплиги ҳисобига вужудга келади.

Норматив ёки қонун масалалари

Энергетик тизим билан боғлиқ бўлган мураккабликларни ҳисобга олган ҳолда, кўшни энергетик тизимлар орасида катта ҳажмдаги қувватларни узатиш учун, ҳамда узатаётган тармоқлар дастлаб ишлаб чиқарилмаганлиги сабабли уларнинг сўровлари вужудга келиши мумкин.

Режалаштирилаётган ва ишлатилаётган стандартлар учун бошқарилаётган фармойиш талаблари электр энергияси тижоратидаги давр ўзгаришлари билан мос келмаган.

Жамият тараққиётида энергиядан фойдаланишнинг аҳамияти

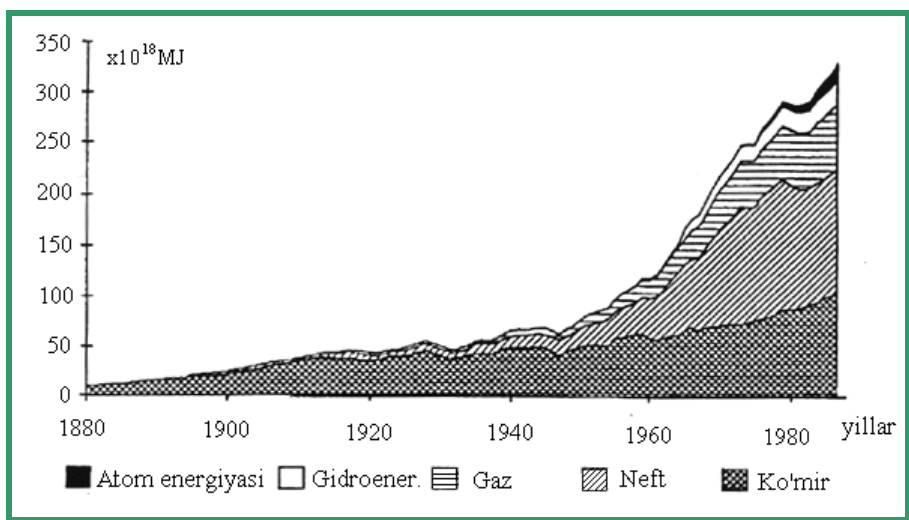
Инсоният жамияти ва унинг ютуқлари тараққиёти бевосита ишлаб чиқариш даражаси ва кишилар ҳаёти учун зарур моддий шароитларни яратиш билан боғлиқдир. Илмий-техникавий ва социал тараққиёт одатда истеъмол қилинувчи энергиянинг ортиши, энергиянинг янги – янада самарали турларидан фойдаланишни ўзлаштириш билан бир вақтда амалга ошади.

Ҳозирги замон машиналарида истеъмол қилинувчи энергия жуда кўп миқдорни ташкил этади. Буни қуйидаги таққослаш асосида ифодалаш мумкин. Жаҳоннинг барча ишга яроқли аҳолиси бир йил давомида ҳар суткада 8 соат тўлиқ физик куч билан ишлаган тақдирда ҳам ҳозирги замон иссиқлик ва гидроэлектр станцияларида ишлаб чиқарилувчи энергиянинг юздан бири миқдоридаги энергияни ишлаб чиқара олмайди. Энергияни истеъмол қилиш бундан кейин ҳам ишлаб чиқариш даражасини ўсишини таъминлагани ҳолда ошиб боради.

Иқтисодий тараққиётни физик ва ақлий бўлмаган ишларни бажарувчи мукамал автоматик бошқарилувчи машиналар асосида фақат истеъмол қилинувчи энергияни ва ишлаб чиқариш даражасини ошириш орқалигина тезлаштириш мумкин.

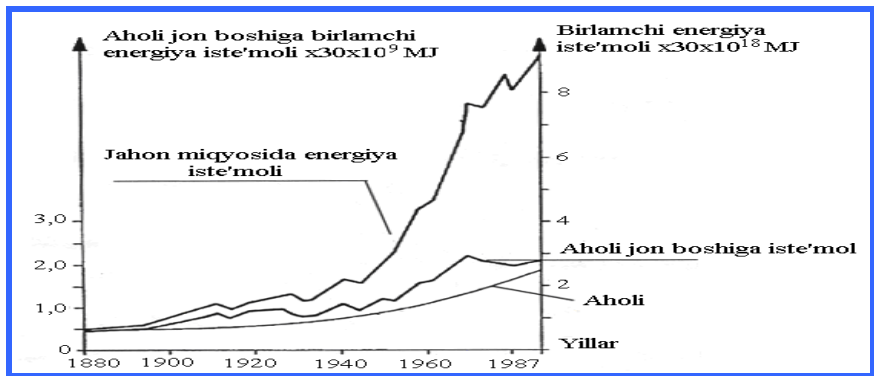
Энергияга эҳтиёж узлуксиз равишда ортиб борди. Бу ўз навбатида янги энергия ресурсларини қидириб топиш, энергияни бир турдан бошқа турга ўзгартиришнинг янги усуллари ишлаб чиқиш заруратини яратди. Ҳозирги даврда турли хил энергиялардан – Қуёш энергияси, органик ёқилғининг кимёвий энергияси, дарёлар, денгизлар ва океанлар сувларининг механик энергияси, шамол энергияси, оғир ядроларнинг парчаланишида ҳосил бўлувчи ядро энергиясидан фойдаланиш анъанавий ҳисобланади. 1.2- расмда 19- асрнинг сўнгги 20 йили ва 20- аср давомида жаҳон миқёсида инсоният фаолиятининг турли жабҳаларида энергия ресурсларидан фойдаланишнинг динамикаси

тасвирланган. Ундан барча турдаги энергия ресурсларидан фойдаланиш интенсив ортиб борганлигини кузатамиз. Бунда кўмирдан фойдаланишнинг нисбий ўсиб бориши йилдан-йилга нисбатан бир текис бўлиб, 20- асрнинг охирида умумий фойдаланилган энергия ресурсларининг тахминан 30% қисмини ташкил этса, газ ва нефтдан фойдаланишнинг нисбий ўсиши кескин ортиб борганлигини кўрамиз. Бунинг асосий сабаби уларни масофага узатиш ва ишлатишнинг кам харажатларни талаб этишидир.



1.2-расм. Жаҳон миқёсида энергия ресурсларидан фойдаланиш динамикаси.

Сўнгги икки аср давомида ер юзида аҳоли сони ва энергияга бўлган талаб шиддат билан ортиб борди. Бунда ер қуррасининг аҳолиси тахминан олти марта, энергияга бўлган талаб эса, аҳоли жон бошига беш марта ўсди. 1.3- расмда 19-асрнинг охири ва 20- аср давомида жаҳон миқёсида бирламчи энергия истеъмоли унинг аҳоли жон бошига тўғри келувчи миқдорининг ўзгариши тасвирланган.



1.3- расм. Жаҳон миқёсида бирламчи энергия истеъмоли ва унинг аҳоли жон бошига тўғри келиш миқдорининг ўзгариши.

Энергияга бўлган талабнинг бундай тарзда интенсив ўсиб бориши янги энергия ресурсларининг янги захираларини қидириб топиш, улардан самарали фойдаланиш, муқобил энергия манбаларини аниқлаш каби вазифаларни бажаришни тақозо этади.

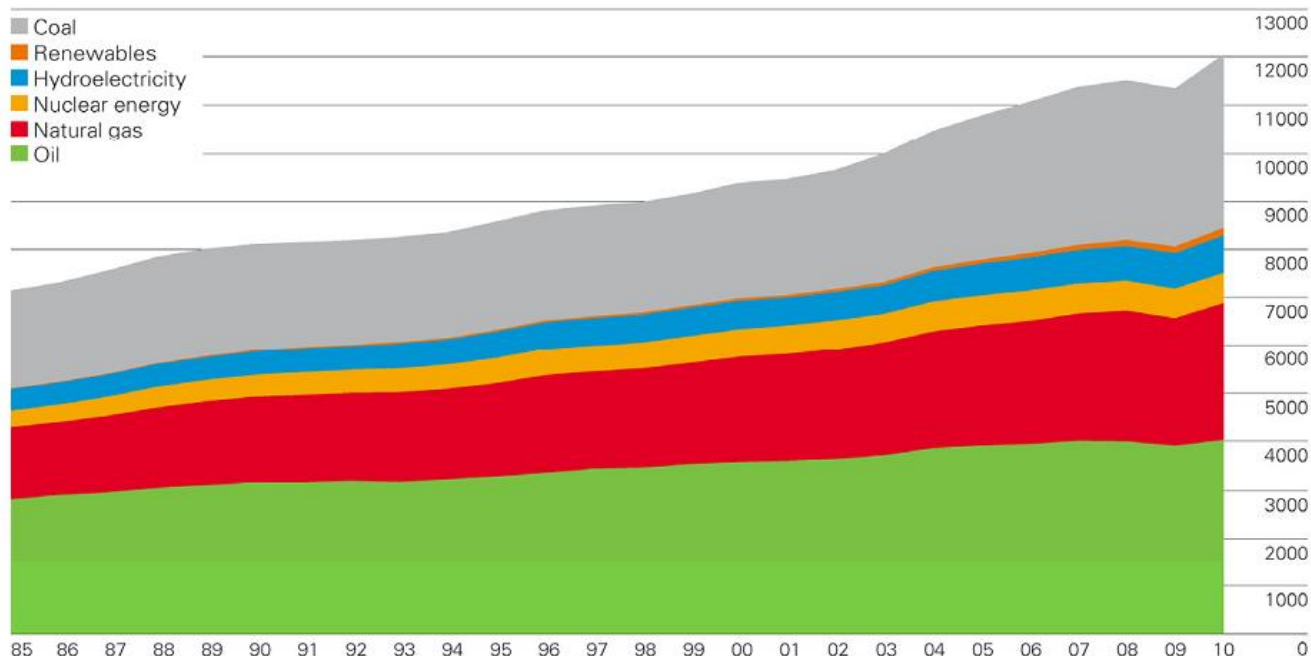
Ҳозирги даврда ер қуррасида мавжуд барча энергия ресурсларининг потенциали шартли ёқилғи бирлигида қуйидаги миқдорларда баҳоланган (т.ш.ё.):

- органик ёқилғининг кимёвий энергияси – $1,77 \cdot 10^{13}$;
- ядро энергияси – $0,67 \cdot 10^{14}$;
- термоядро энергияси – $1,22 \cdot 10^{17}$;
- геотермал энергия – $1,0 \cdot 10^{14}$;
- қуёшнинг ер қуррасига тушувчи энергияси – $0,82 \cdot 10^{14}$;
- дарёларнинг энергияси (бир йиллик) – $0,4 \cdot 10^{10}$;
- шамол энергияси (бир йиллик) – $2,1 \cdot 10^{11}$;
- ўрмонларнинг биоэнергияси (бир йиллик) – $0,5 \cdot 10^{10}$;
- оқим энергияси (бир йиллик) – $0,86 \cdot 10^{14}$.

Электр ва иссиқлик энергияларини ишлаб чиқарувчи энергетика тизими ўз тараққиёти жараёнида бошқа бир қатор тизимларнинг таъсирида бўлади ва аксинча, уларга таъсир этади.

1.4- расмда Жаҳон миқёсида 1985-2010 йиллар оралиғида турли энергия ресурсларидан фойдаланиш динамикаси келтирилган⁴.

World consumption
Million tonnes oil equivalent



World primary energy consumption grew by 5.6% in 2010, the strongest growth since 1973. Growth was above average for oil, natural gas, coal, nuclear, hydroelectricity, as well as for renewables in power generation. Oil remains the dominant fuel (33.6% of the global total) but has lost share for 11 consecutive years. The share of coal in total energy consumption continues to rise, and the share of natural gas was the highest on record.

1.4- расм. Жаҳон миқёсида турли хилдаги энергия ресурслари истеъмолнинг ўзгариш динамикаси.

Ҳозирги даврда Жаҳон миқёсида электр энергиясига бўлган талаб ҳар йили 2,6% га ошиб бораётганлигини эътиборга олсак, у ҳолда 2030 йилга бориб, талаб ҳозирги даврдагига нисбатан икки баравар ошади. Электр энергияси ишлаб чиқаришда кўмир ёқувчи электр станцияларининг улуши 2006 йилда 40% бўлган бўлса, 2030 йилга бориб бу кўрсаткич 44% гача ошиши кутилмоқда. 1.4- расмда бошқа турдаги энергия ресурслари сингари кўмирнинг жамият фаолиятининг барча соҳаларида фойдаланиш миқдорини ўзгариш динамикаси ҳам келтирилган. Кўмирдан фойдаланишнинг ҳамон ошиб боришига асосий сабаб ҳозирги даврда Осиёда газнинг нархини юқорилиги ва кўмир захирасининг кўплиги ҳисобланади.

⁴ Energy Efficiency – a Bridge to Low Carbon Economy/ Edited by Zoran Morvaj/ Published by InTech. Rijeka Croatia. 2012. p. 255-256.

1976 йилдан буён бир Британ иссиқлик бирлигига тўғри келувчи ёқилғининг нархи бўйича кўмир энг қиммат қазилма ёқилғи ҳисобланар эди.

Хитой 2005 йилдан кўмирдан фойдаланишни 11% миқдорга ошириб бориб, 2009 йилда АҚШни ортда қолдириб, бу кўрсаткич бўйича Жаҳонда 1- ўринга чиқиб олди. 2005- йилнинг охиридаги баҳолашга кўра кўмир захираси энг кўп ёқилғи сифатида 909 млрд. тонна ҳисобланиб, ундан фойдаланишнинг ҳозирги даражаси сақланиб қолганда 164 йилга етадиган ёқилғи тури сифатида баҳоланган (Халқаро энергетика агентлиги, 2006).

АҚШда ҳозирги даврда кўмир ёқувчи электр станциялари умумий истеъмолнинг 45% қисмини қоплайди. Бир неча йил илгари бу кўрсаткич 51% ёки тахминан 400 ГВт бўлиб, у 600 та станцияда ишлаб чиқарилган. (Вудруф, 2005). 2030 йилга бориб электр энергия ишлаб чиқаришда кўшимча умумий қувват 750 ГВтга етиши кутилмоқда (Халқаро энергетика агентлиги, 2006). Бу кўшимча қувватнинг 156 ГВт қисми кўмир ёқувчи станцияларнинг улушига тўғри келади. Бошқача баҳолашлар бўйича 2030 йилга бориб, кўшимча 280 та 500 МВт қувватли кўмир ёқувчи станциялар мавжуд бўлади.

Шимолий Америкада табиий газнинг нархини пасайиб бориши яна кўпроқ энергетик жиҳатдан самарали ва паст эмиссияли (атроф муҳитга чиқарилувчи зарарли чиқиндилар) станцияларни қуриш ананасини яратмоқда. Ҳозирги даврда бу анъана 2020 йилгача давом этиши кутилмоқда. Комбинацияланган циклда ишловчи газ турбиналарига эга бўлган газ ёқувчи станцияларда 5-7 цент/кВт.соат кўмир ёқувчи станцияларда эса 4-6 цент/кВт.соат оралиғида (Халқаро энергетика агентлиги, 2006). Интеграллашган газлаширилган циклда ишловчи электр станцияларини ҳозирча солиштириш мумкин эмас, чунки улардан фойдаланишга асосланган кўплаб проектларга давлат томонидан субсиди ажратилган. Электр энергия ишлаб чиқаришнинг нисбатан паст нархи АҚШда кўмир ёқувчи станцияларни бошқа турдаги марказлашган генерацияловчи станцияларга нисбатан афзалроқ қилади.

Энергетика системасини қуриш ва унинг иш шароитлари бевосита табиий факторлар (масалан, сув хавзаларининг мавжудлиги, энергетика ресурсларининг

географик жойлашуви ва истеъмолчиларнинг жойлашуви) билан боғлиқдир. Биосферанинг ҳолати, уни энергетика қурилмаларининг иши билан боғлиқ ифлосланганлик даражаси энергетика системасининг техник характеристикалари ва иш ҳолатларига нисбатан маълум чекловларни вужудга келтиради.

Энергетика системасини бошқариш фақат унинг биосферага таъсирини эмас, балки ёқилги билан таъминлаш системасининг социал функциялари, саноат, транспорт ва бошқа факторларнинг ҳам таъсирини эътиборга олиб амалга оширилади.

Энергетика атроф-муҳит ва инсон саломатлигига салбий таъсир этувчи манбалардан бири ҳисобланади. Шу сабабли унинг таъсирини камайтириш технологияларини ишлаб чиқиш ва жорий этиш бугунги кунда ушбу соҳа олим ва мутахассислари олдида турган энг долзарб масалалардан биридир.

Энергия ресурсларидан фойдаланиш

Энергия - табиат ҳодисалари, маданият ва инсоният ҳаётининг умумий асосидир. Шу билан бир қаторда энергия материя ҳаракати турли кўринишларининг миқдорий кўрсаткичидир. Тури бўйича энергия химиявий, механик, электрик, ядро ва ҳ.к. ларга бўлинади. Инсон томонидан фойдаланиш мумкин бўлган энергия *энергия ресурслари* деб аталувчи моддий объектларда мавжуддир.

Барча турдаги энергия ресурсларидан амалий эҳтиёжларда жуда кўп миқдорда фойдаланувчилари *асосий энергия ресурслари* деб юритилади. Уларга кўмир, нефть, газ каби органик ёқилгилар, шунингдек дарёлар, денгизлар ва океанлар, қуёш, шамол, ер тубининг иссиқлик (геотермал) энергиялари киради.

Энергия ресурслари *қайта тикланувчи* ва *қайта тикланмайдиган* турларга бўлинади. Янгиланувчи энергия ресурсларига узлуксиз равишда табиат томонидан тикланиб турувчи энергия ресурслари (сув, шамол ва ҳ.к.) киради. Янгиланмас энергия ресурсларига олдиндан табиатда жамланган, аммо ҳозирги геологик шароитларда пайдо бўлмайдиган энергия ресурсларига (масалан, кўмир) киради.

Табиатда бевосита олинувчи энергия (ёқилги, сув, шамол, Ернинг иссиқлик энергияси, ядро энергияси ва ҳ.к.) *бирламчи энергия*, уни инсон томонидан махсус

қурилмаларда ўзгартириш натижасида пайдо бўлган энергия *иккиламчи энергия* дейилади.

Ўз номланишида электр станциялари фойдаланувчи бирламчи энергия турини ифодалайди. Масалан, иссиқлик электр станцияси (ИЭС) иссиқлик энергияси (бирламчи энергия)ни электр энергияси (иккиламчи энергия)га айлантиради, шунингдек, гидроэлектр станцияси (ГЭС) сув энергиясини электр энергиясига, атом электр станцияси (АЭС) атом энергиясини электр энергиясига айлантиради.

Лозим бўлган турдаги энергияни олиш ва у билан истеъмолчиларни таъминлаш *энергетик ишлаб чиқариш* жараёнида амалга оширилади. Бу жараённи беш босқичга ажратиш мумкин.

1. Энергия ресурсларини олиш ва концентрациялаш: ёқилғини қазиб олиш ва тайерлаш, гидротехник иншоатлар ердамида напорни вужудга келтириш ва ҳ.к.

2. Энергия ресурсларини уларни ўзгартирувчи қурилмаларга узатиш: бу курақликда ва сувда ташиш орқали ёки сув, газ ва ҳ.к. ларни трубаларда ҳайдаш орқали амалга оширилади.

3. Бирламчи энергияни иккиламчи – мавжуд шароитларда тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун қулай бўлган энергия турига (одатда электр ва иссиқлик энергияларига) ўзгартириш.

4. Ўзгартирилган энергияни узатиш ва тақсимлаш.

5. Энергияни у узатилган ва ўзгартирилган кўринишларда истеъмол қилиш.

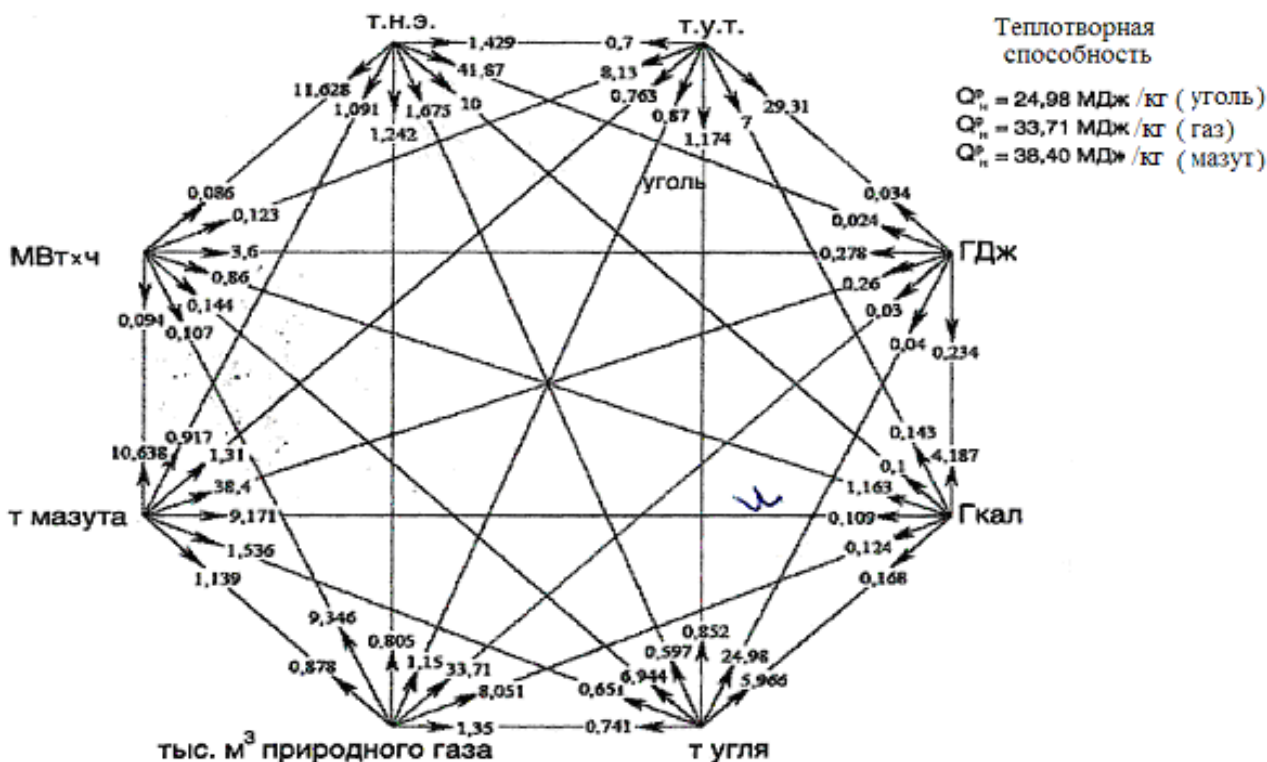
Агар қўлланилувчи бирламчи энергия ресурслари энергиясини 100% деб қабул қилсак, унда фойдали иш бажарувчи энергия фақат 35-40% ни ташкил этади, қолган қисми исроф бўлади. Исрофнинг асосий қисми иссиқлик энергиясига тўғри келади.

Энергия исрофи ҳозирги даврда мавжуд бўлган энергетик машиналарнинг техник характеристикалари билан белгиланади.

Турли энергия ресурслари Ер шарининг районлари, давлатлар ва давлатлар ичида ножинсли жойлашган. Уларнинг кўп мавжуд бўлган жойлари кўп истеъмол қилиш жойлари билан мос келмайди. Масалан Жаҳонда мавжуд нефт

захираларининг ярмидан кўпи Яқин ва Ўрта Шарқ районларида жойлашган бўлиб, истеъмол бу районларда жаҳондаги ўртача кўрсаткичга нисбатан 4-5 барабар пастдир.

Энергетик катталикларнинг эквивалентлик диаграммаси



Энергетик ишлаб чиқариш жараёнининг босқичлари

1. Энергия ресурсларини олиш ва концентрациялаш: ёқилғини қазиб олиш ва тайёрлаш, гидротехник иншоатлар ёрдамида напорни вужудга келтириш ва ҳ.к.
2. Энергия ресурсларини уларни ўзгартирувчи қурилмаларга узатиш: бу қуруқликда ва сувда ташиш орқали ёки сув, газ ва ҳ.к. ларни қувурларда ҳайдаш орқали амалга оширилади.
3. Бирламчи энергияни иккиламчи – мавжуд шароитларда тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун қулай бўлган энергия турига (одатда электр ва иссиқлик энергияларига) ўзгартириш.
5. Ўзгартирилган энергияни узатиш ва тақсимлаш.
6. Энергияни у узатилган ва ўзгартирилган кўринишларда истеъмол қилиш.

1.2. Кўмирдан фойдаланиш асосида электр энергияси ишлаб чиқариш

Кўмир Жаҳонда энг муҳим ва электр энергиясини ишлаб чиқаришда энг кенг фойдаланилувчи ёқилғи ҳисобланади. Жаҳон энергетика Косулининг маълумотига кўра у талаб этилувчи бирламчи умумий энергиянинг 23% қисмини ва электр энергияси ишлаб чиқаришда фойдаланлувчи бирламчи энергиянинг 38% қисмини ташкил этади. 1999 йилда умумий кўмир ишлаб чиқариш 434315100 тоннани ва уни истеъмол қилиш 4409815000 тоннани ташкил этиган.

Кўмирнинг муҳимлиги асосий глобал истеъмолчилардан олинган маълумотлар асосида аниқланган. АҚШда ишлаб чиқарилувчи электр энергиянинг 51% қисми кўмир ёқувчи станциялар улушига тўғри келади. Бу суратни 21- асрда ҳам давом этиши кутилмоқда. Хитойда 1988 йилда ишлаб чиқарилга электр энергиянинг 65% қисми кўмир ёқувчи станциялар улушига тўғри келган бўлса, 21- асрнинг бошланишида мамлакатда ишлаб чиқарилувчи электр энергиянинг 75% қисми қазилма ёқилғилар, асосан кўмир ёқувчи станцияларнинг улушига тўғри келган. Ҳиндистонда ҳам электр энергиянинг асосий қисми қазилма ёқилғилардан фойдаланиш асосида ишлаб чиқарилиб, ўрнатилган қувватнинг 71% қисми кўмир ёқувчи станцияларнинг улушига тўғри келади.

Кўмирнинг асосий жалб этувчи томони унинг кўп миқдорда мавжудлигидир. Унинг салмоқли конлари Жаҳоннинг кўплаб қисмларида – АҚШдан Жанубий Африкагача, Европа бўйлаб, Осиёнинг кўплаб қисмлари ва Австралияда топилиши мумкин. Япония ва Тайванни бу рўйхатга киритиб бўлмайди. Бу давлатлар худудудида захиралар чекланган. Улар жуда кўп миқдорда кўмирни импорт қилади. Қитъалар орасида фақат Жанубий Америка ва Африка (Жанубий Африкани ҳисобга олмаганда) чекланган ресурсга эга.

Халқаро Энергетик Консулнинг 2001 йилги энергия ресурсларини ўраниш натижаларига кўра битумли, ярим-битумли кўмир ва лигнитнинг қазиб олиш имкони бўлган захираси 984453 миллион тонна (бошқа муқобиллари мавжуд бўлганлиги сабабли антрацит, тошкўмир нисбатан камроқ фойдаланилади)ни

ташқил этган. 1.2- жадвалда Жаҳон миқёсида кўмирнинг турлари (кўринишлари) бўйича мавжуд захираларининг миқдори ҳақида маълумот келтирилган⁵.

1.2-жадвал. Жаҳон миқёсида мавжуд кўмир захираларининг миқдори ҳақида маълумот.

Худудлар	Битумли (Битуминозны й)	Ярим- битумли (полу- битуминозны й)	Тош кўмир (бурый уголь)	Жами
Африка	55171	193	3	55367
Шимолий Америка	120222	102375	35369	257966
Жанубий Америка	7738	13890	124	21752
Осиё	179040	38688	34580	252308
Европа	112596	119109	80981	312686
Ўрта Шарқ	1710	-	-	1710
Океания	42585	2046	38033	82664
Жами	519062	276301	189090	984453

1.2-жадвалда келтирилган миқдорлар мавжуд кузатиш имкониятларидан келиб чиқиш асосида аниқланган бўлиб, унинг ҳақиқий миқдори ундан ҳам ортиқдир. Ҳозирги даврда кўмирдан фойдаланишнинг нисбий ўсиб бориши сақланиб қолган ҳолатда бу миқдордаги кўмир яна таъминан 200йилга етиши баҳоланган.

Кўмир энг арзон қазилма ёқилғи ҳисобланади ва бошқа томондан электр энергияни ишлаб чиқаришда фойдаланиш учун қулайдир. Бирок, уни транспортда

⁵ Paul Breeze. Power Generation Technologies. Elsevier, Amsterdam and etc., 2005. p. 18-19

ташиш қиммат ҳисобланади. Шу сабабли, кўмир ёқувчи станцияларни қуриш учун энг яхши жой бўлиб уларни ёқилғи билан таъминловчи конларга яқин жой саналади.

Кўмир шунингдек энг ифлос қазилма ёқилғи ҳисобланади. У ёқилганда, жумладан, кўп миқдорда сульфат эмиссияси, азот оксидли эмиссияси ва углерод оксиди ҳосил бўлади. Натижада кўмирни ёқиш натижасида атроф муҳитга ката зарар етказилиши мумкин.

Шу сабабларга кўра кўмирнинг атроф-муҳитга ёмон таъсири ривожланиб борди. Бироқ 1980 йиллардан бошлаб, кўмир ёқувчи станцияларда ҳосил бўлувчи эмиссияни назорат қилиш кўзда туила бошланди. Жаҳоннинг барча жойида янги кўмир ёқиш технологияларидан фойдаланилгани ҳолда атроф-муҳит химояси бўйича қатъий қоидаларнинг талабларига жавоб берадиган кўмирдан фойдаланувчи электр станцияларини қуриш мумкин бўлди. Сульфат, азот эмиссиялари ва кислоталарни чеклаш технологияларидан кенг ва самарали фойдаланиш йўлга қуйилди. Навбатдаги муаммо бирча қазилма ёқилғилар учун ёнишда ҳосил бўлувчи углерод икки оксидини ажратиб олиш ва сақлашнинг арзон усулларини ишлаб чиқишдан иборат бўлди. Кўмирни ёқишда бундай газлар энг кўп миқдорда ҳосил бўлади.

Замонавий эмиссияни назорат қилувчи кўмир ёқувчи электр станциялари 1980 йилларнинг ўрталаридан олдинги эски усулда кўмирни ёқишга асосланган станцияларга нисбатан қимматроқ ҳисобланади. Шунга қарамасдан кўмирдан фойдаланиш ер шарининг барча жойларида электр энергияни ишлаб чиқаришда энг арзонлигича қолмоқда. Атроф-муҳит муҳофазаси бўйича чекловларнинг мавжуд бўлишига қарамасдан яна кўплаб асрлар давомида электр энергия ишлаб чиқаришда қазилма ёқилғилардан фойдаланишнинг улуши салмоқчилигича қолиши кутилмоқда.

1.3. Кўмирдан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқаришнинг иқтисодий кўрсаткичлари.

Кўмир ёкиувчи электр станцияларини қуриш ҳақида қарор ёқилғининг мавжудлиги, лойиҳага илова қилинган атроф-муҳит муҳофазаси бўйича талаблар ва электр энергиясини ишлаб чиқаришнинг муқобил усуллари каби кўплаб факторларга боғлиқ бўлади⁶. Кўмир ёқувчи электр станиялари кўп ҳолларда базавий юкламани қоплаш мақсадида қурилган. Шунга қарамасдан ҳозирги даврда бир қатор замонавий станциялар ва технологиялар иқтисодий жарималарни киритмасдан туриб, юкламага мос ҳолда қувватини ўзгартириш имконини беради. Умуман, иқтисодийлик кўрсаткичи бошқа базавий юкламада ишловчи генерациялаш технологиялари – гидроэлектр станциялари, атом электр станциялари ва комбинацияланган циклда ишловчи газ ёқувчи электр станциялари кабилар билан солиштириш асосида аниқланиши зарур.

Барча қазилма ёқилғиларини ёқиш технологияларидаги сингари электр энергиянинг нархи генерацияловчи станцияни қуриш нархига ва ёқилғининг нархига боғлиқ бўлади. Кўмир ёқувчи станцияларнинг нархи газ турбинали станцияларнинг нархига нисбатан қиммат бўлсада, бироқ кўмир одатда газга нисбатан арзон ҳисобланади. 1.3- жадвалда турли хил кўмир ёқиш технологияларидан фойдаланувчи электр станцияларининг учта манъбадан олинган нахлари келтирилган. Эмиссияни назорат қилувчи тизимга эга бўлган янги одатдаги станциянинг нархи тозалашнинг самарадорлигига боғлиқ равишда ўзгаради. 1.3- жадвалда келтирилган баҳолар азот оксидлари, сульфат икки оксиди ва ва бошқа зарраларни АҚШда қабул қилинган меёрий талаблар даражасида бўлган ҳолат учун кўрсатилган. Албатта, ушбу меёр талаблари бўйича қўйилган чекловларнинг қатъийлини пастрок бўлганда нархлар ҳам пасайиши мумкин.

⁶ Paul Breeze. Power Generation Technologies. Elsevier, Amsterdam and etc., 2005. p. 40-41

1.2- жадвал. Турли хил кўмир ёқиш технологияларидан фойдаланувчи электр станцияларининг учта манбадан олинган нархлари (\$).

Худудлар	Энергетик ва иқтисодий тараққиёт маркази	Жаҳон банки	Энергетик маълумотлар админитрацияси
Одатдаги ИЭС	1400	-	1079
Атмосфера босимида қайновчи қатлам ҳосил қилиб ёқиш орқали	1500-1800	1300-1600	-
Юқори босимда қайновчи қатлам ҳосил қилиб ёқиш орқали	1250-1500	1200-1500	-

Жадвалда одатдаги кўмир ёқиш технологияси асосидаги станциянинг нархи атмосфера босимида қайновчи қатлам ҳосил қилиб ёқувчи станциянинг нархидан пасроқ эканлигини кўрсатади. Босим остида қайновчи қатлам ҳосил қилиб ёқувчи станциянинг нархини солиштириш қийинроқ, бироқ унинг самарадорлигини ҳисобга олсак, босим остида қатлам ҳосил қилиб ёқувчи станция афзалроқ ҳисобланади. Интеграллашган газлаштирилган комбинациялашган циклдаги электр станцияси ҳам одатдаги станцияларга нисбатан қимматроқ бўлсада, бу ерда узоқ вақт давомида ишлаб чиқарилувчи электр энергиянинг даражаланган нархи эътиборга олинганда самарадорлик салмоқли ўринни эгаллайди.

Энергетик маълумотлар администратсияси (EIA) кўмир ёқувчи станциялар учун йиллик ишлатиш ва таъмирлаш харажатларини баҳолаш натижаларини эълон қилган. Унинг пурковчи станциялар учун ишлатиш ва таъмирлаш харажатларининг ўрнатилган баҳоси \$22/кВт ва ўзгарувчан баҳоси \$3,25/кВт.соат эканлигини кўрсатади. Интеграллашган газлаштирилган комбинацияланган циклда ишловчи электр станциялари учун йиллик ишлатиш ва таъмирлаш

харажатларининг ўрнатилган баҳоси \$24,2/кВт ва ўзгарувчан баҳоси \$1,87/кВт.соат ни ташкил этади.

Кўплаб ривожланган ва ривожланаётган мамлакатларда электр энергиясини ишлаб чиқариш учун пурковчи кўмир ёқувчи қозонлар ишлаб чиқарилади. Энг самарали буғ турбиналари ҳамон АҚШ, Европа ва Япониядаги таниқли ишлаб чиқарувчилар томонидан ишлаб чиқилсада, бугунги кунда уни ишлаб чиқариш ҳам кўплаб мамлакатларда йўлга қўйилган.

Кўмир захираларига эга бўлмаган давлатлар уларни импорт қилишга мажбурдир. Жаҳон миқёсида кўмирнинг нархи 994 йилдан оша бошлади ва 1995 йилнинг учинчи кварталида пик даражасига эришиб, \$45/тонна ни ташкил этди. 1997 йилнинг ўрталарига келиб у туша бошлаб \$40/тонна га келди ва 2000 йилда \$33/тонна атрофида эди. Баҳолашлар \$45-50/тонна миқдоридagi нарх янги конларда очиш учун зарур бўлишини кўрсатади. Бироқ сотиб олувчилар нисбатан кам ва таъминловчилар кўп бўлган шароитда кўмирнинг нархида салмоқли даражада ўзгариш бўлиши мумкин.

1.4 Табiiй газдан фойдаланиш асосида электр энергияси ишлаб чиқариш

Кўмир ва мазут ёқувчи электр станцияларидан табiiй газ ёқувчи электр станцияларига ўтиш глобал феноминон даражастга эришди⁷. Бу газ ишлаб чиқариш ва истеъмол статистикасида ўз аксини топди. Жаҳон Энергетик Косулининг маълумотига кўра 1996 ва 1999 йиллар орасида табiiй газ ишлаб чиқариш 4,1%га ошган. 1999 йилда Хитойда газдан фойдаланиш 10,9% га, Осиё-Тинч Окени худудида эса 6,5% га ошган. Африканинг газ истеъмоли 9,1% га ошган.

Энергетик маълумотлар администрацияси (EIA)нинг маълумотларига кўра 2001 йилда табiiй газ истеъмоли бўйича АҚШ жаҳонда биринчи ўринга кўтирилиб, ундан кейинги ўринларда Россия, Германия, Буюк Британия ва Канада бўлди. Газнинг асосий ишлаб чиқарувчилари Россия ва АҚШ бўлиб, 2001 йилда уларнинг биргаликдаги улуши йиллик ишлаб чиқарилган газнинг 44% қисмини

⁷ Paul Breeze. Power Generation Technologies. Elsevier, Amsterdam and etc., 2005. p. 44-45

ташқил этди. Бу кўрсаткич бўйича улардан кейинги ўринарни Канада, Буюк Британия ва Жазоир эгаллади.

Европада табиий газдан фойдаланиш кейинги икки декада давомида драматик тарзда ошиб борди Еврогаз маълумотларига кўра бутун Европа бўйича 2000 йилда 332 млн. тонна нефть эквиваленти миқдорида газ истеъмол қилган бўлиб, 2020 йилга бориб бу кўрсаткич 471 млн. тонна нефть эквивалентига етиши, яъни 42%га ошиши кутилмоқда. 2000 йилда Европада асосий истеъмолчилар бўлиб Буюк Британия, Германия, Италия, Франция ва нидерландия ҳисобланди. Улардан фақат Буюк Британия ва Нидерландия салмоқли миқдорда газ ишлаб чиқарган. Қолган давлатлар истеъмол қилган газнинг асосий қисмини импорт қилишган.

Албатта, бу газнинг ҳаммаси электр станцияларида ёқилмаган бўлсада, унинг улуши салмоқли миқдорни ташқил этган. Масалан, АҚШда 2001 йилда истеъмол қилинган газнинг 20% қисми электр станцияларида ёқилган. Юқорида айтиб ўтилганидек, газ турбиналари арзон ва улар тез ишга туширилиши мумкин бўлиб, атропо-муҳитга таъсир нисбатан кам. Табиий газ ёқилганда атмосферанинг ифлосланиши кўмир ёки мазут ёқилган ҳолатлагига нисбатан кам бўлади.

Газ саноатида газни тоза ёқилғи сифатида баҳолаб, бироқ ундан тўхташ оралиқларида фойдаланиш энг яхши деб баҳолашган эди. Келажак энергетикаси қайта тикланувчан энергия манбаларига асосланиши зарур, бироқ газ қайта тикланувчан эмас. Муҳим жиҳати, жаҳонда газ билан таъминлаш имконияти чекланганлигидир.

1.4-жадвал келтирилган маълумотлар кўрсатадики, ҳозирги даврдаги газдан фойдаланишнинг ошиб бориш даражаси сақланиб қолган ҳолатда унинг жаҳонда мавжуд захираси яна 60 йилга етади.

1.4-жадвалда Жаҳон энергетика консулининг 2001 йилда амалга оширган энергия ресурсларини баҳолашига кўра аниқланган турли ҳудудларда табиий газнинг олиш мумкин бўлган захирасининг миқдорлари келтирилган.

1.4-жадвал. Жаҳонниг турли худудларида табиий газ захирасининг баҳоланган миқдори.

Шимолий Америка ва Ғарбий Европа ўзларининг аниқланган захираларини авайлаб ишлатади. 1999 йилда газ ишлаб чиқариш даражаси сақланиб қолган тақдирда АҚШ ўз захирасини 9 йилда тугатиб улгуради. Бироқ баҳоланган захиралар нормаллигича қолгани ҳолда бу унчалик тез содир бўлмайди деган хулосага асос бўлиши мумкин. Ғарбий Европада Недерландия ва Норвегияда етарича захира мавжуд. Бунинг устига Ғарбий Европа ўзидаги газ истеъмолини қоплаш учун газни Россия ва Жазоирдан импорт қилади. Энергетик хавфсизлик нуқтаи назаридан ушбу ҳолат келажакда хавfli бўлиши мумкин деб баҳоланган.

1. Табиий газдан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқаришнинг иқтисодий кўрсаткичлари

Электр энергиясини ишлаб чиқариш учун табиий газдан фойдаланиш критик жиҳатдан газнинг нарҳига боғлиқ⁸. Табиий газ кўмир ва бошқа электр энергияси ишлаб чиқаришда фойдаланилувчи қазилма ёқилғига нисбатан қиммат ёқилғи ҳисобланади. Бироқ кўмир ёқувчи станциянинг капитал нарҳи газ ёқувчи станцияниқига нисбатан салмоқли даражада катта ҳисобланади. Ушбу ҳолатларни эътиборга олган ҳолда ҳар бир станция учун бутун фаолияти давомида ёқилғининг умумий нарҳи кўмир ёки газ арзон электр энергиясини ишлаб чиқариш учун арзонлиги билан белгиланади.

Худудлар	Газ захираси (млрд. куб. м.)	Заҳирани етиш вақти (йил)
Африка	11400	69
Шимолий Америка	7943	9
Жанубий Америка	6299	63
Осиё	17106	52
Европа	53552*	58
Ўрта Шарқ	53263	>100
Океания	1939	46
Жами	151552	58

Амалдаги газ нархи тез-тез нефтнинг нархига жуда яқин аълоқада бўлади, газ саноатини бошқаришнинг ўзгариши Буюк Британия сингари айрим давлатларда бундай аълқани бузган бўлишига қарамасдан. Бундай аълоқа мавжудлигининг сабабларидан бири кўплаб газ ёқувчи электр станцияларида мазут ёқилиши мумкинлиги ва газ қиммат бўлиб қолган тақдирда уларнинг газга ўтиш имкониятининг мавжудлигидир. Бу табиий газнинг нархида юқори чегарани белгилайди.

1.5-жадвалда айрим давлатларда 1997 ва 2002 йиллар оралиғида электр энергияси ишлаб чиқаришда фойдаланлувчи газнинг йиллик ўртача нархи келтирилган. Бу ер шарида газнинг нархи қандай эканлигини кўрсатади. Жадвалдаги охирги баҳо (нарх) бутун 6 йил давомидаги стабил ҳисобланади. Бироқ АҚШ 2000 ва 2001 йилларда электр энергияси ишлаб чиқувчи газнинг нархининг даражаси энг юқори эканлигини кўрсатади.

1.5-жадвал. Электр энергияси ишлаб чиқариш учун газнинг нархи (\$/ГЖ бирлигида).

Давлатлар	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Финландия	3,06	2,87	2,58	2,70	2,61	2,61
Германия	3,78	3,51	3,35	3,66	-	-
Тайван	6,10	5,23	4,83	5,88	5,86	-
Буюк Британия	2,94	3,01	2,75	2,51	2,65	1,94
АҚШ	2,63	2,25	2,44	4,11	4,42	3,42

Бу ерда газ билан таъминлашнинг пастлиги суълтирилган табиий газнинг импорт қилиш имкониятини чекланганлигидир. Суълтирилган табиий газнинг нархи қувурлаштирилган газнинг нархидан юқори ҳисобланади. Чунки бунда суълтириш, транспортировка ва қайд этиш харажатлари эътиборга олинади. Бу 1.5-жадвалда Тайван учун газнинг нархи мисолида тасвирланган. Нарх шундай юқори бўлишига қарамасдан у Япония, Тайван ва Жанубий Корея сингари давлатларда қўлланилиб келинмоқда. 1999 йилда экспорт қилинган табиий газнинг 25% қисми

суюлтирилган табиий газ бўлгани ҳолда унинг ҳам 75% қисми Осиё-Тинч океани худудига жўнатилган.

Комбинацияланган циклда ишловчи буг-газ ИЭСларнинг ва нархлари

Давлатлар (ИЭСлар)	Қуввати (МВт)	Умумий нархи (млн. \$)	Солиштира нархи (\$/кВт)	Ишга туширилган йили
Буюк Британия (Тесайд)	1875	1200	640	1993
Бангладеш (Селхет)	90	100	1110	1995
Ҳиндистон (Жегурупаду)	235	195	830	1996/1997
Малайзия (Лумет)	1300	1000	770	1996/1997
Индонезия (Муара тавар)	1090	733	670	1997
Буюк Британия (Саттон Бридж)	790	540	680	1999
Вьетнам (Фу Май 3)	715	360	500	2002
АҚШ (Посам поинт)	550	370	670	2003
Жазоир	723	428	590	2006
Покистон	775	543	700	-

Когенерацион циклда ишловчи ИЭСларнинг солиштира нархлари

Блокнинг тури	Солиштира нархи (\$/кВт)	ЭЭни тан нархи(\$/кВт.соат)
Дизель моторли	800-1500	0,005-0,008
Газ моторли	800-1500	0,007-0,015
Буг турбинали	800-1000	0,004
Газ турбинали	700-900	0,002-0,008
Микро турбинали	500-1300	0,002-0,010
Ёқилғи панелли	3000 дан ортиқ	0,003-0,015

Йирик дизель моторли электр станцияларининг иқтисодий кўрсаткичлари

Лойиҳа, давлат	Қуввати (МВт)	Умумий нархи (млн. \$)	Солиштирма нархи (\$/кВт)	Ишга туши- рилган йили
Кўхинур энергия, Поки- стон	120	140	1167	1997
Гул Аҳмед энергия, Покистон, Ямайка	125	138	1104	1997
Энергия ҳамкорлар	76	96	1263	-
АППЛ, Шри Ланка	51	63	1235	1998
АйПи, Танзания	100	114	1140	1998
Кипею, Кения	74	84	1135	2002

Турли ИЭСларда энергияни ўзгартириш самарадорлиги

ИЭСнинг тури	Самарадорлиги, %
Кўмир одатдаги усулда ёқилувчи ИЭС	38-47
Кўмир юқори босим остида қайновчи қатлам ҳосил қилиб ёқилувчи ИЭС	45
Газ турбинали ИЭС	30-39
Буғ-газ турбинали ИЭС	59

Жаҳон миқёсида гидроэнергия захиралари

Худудлар	Назарий максимал энергия (ТВт.соат/йил)	Техник фойдаланиш мумкин бўлган энергия (ТВт.соат/йил)
Африка	3876 дан ортиқ	1888 дан ортиқ
Шимолий Америка	6818	1668 дан ортиқ

Жанубий Америка	6891	2792 дан ортиқ
Осиё	16443	4875 дан ортиқ
Европа	5392	2706 дан ортиқ
Ўрта Шарқ	688	218 дан ошмайди
Океания	596	232 дан ортиқ
Жами	40704 дан ортиқ	14379 дан ортиқ

ГЭСларнинг умумий қуввати

Худудлар	Умумий қувват (МВт)
Африка	20170
Шимолий Америка	160133
Жанубий Америка	106277
Осиё	174076
Европа	214368
Ўрта Шарқ	4185
Океания	13231
Жами	692420

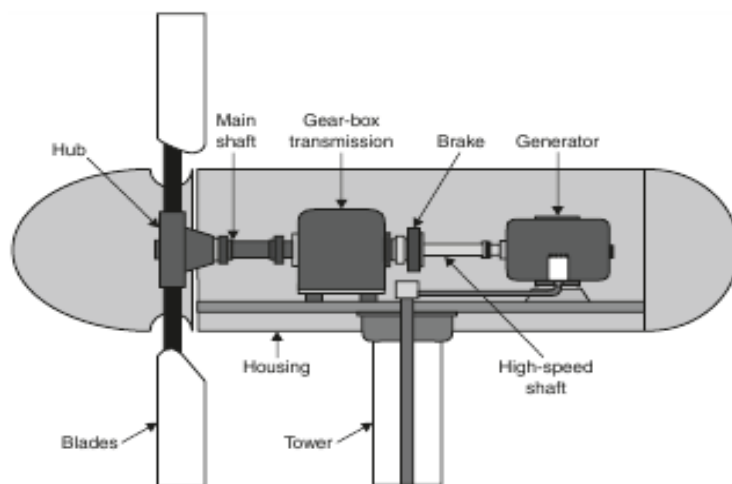
Жаҳон миқёсида шамол энергия ресурсининг тақсимланиши

Худудлар	Фойдаланиш мумкин бўлган захира (ТВт.соат/йил)
Ғарбий Европа	4800
Шимолий Америка	14000
Австралия	3000
Африка	10600
Лотин Америкаси	5400
Шарқий Европа ва МДХ худуди	10600
Осиё	4600
Жами	53000

Европада шамол энергияси ресурсининг таксимланиши

Давлатлар	Йиллик ресурс (ТВт.соат)	Потенциал қуввати (МВт)
Австрия	3	1500
Белгия	5	2500
Дания	10	4500
Финландия	7	3500
Франция	85	42500
Германия	24	12000
Буюк Британия	114	57000
Греция	44	22000
Ирландия	44	22000
Италия	69	34500
Люксембург	-	-
Голландия	7	3500
Норвегия	76	38000
Португалия	15	7500
Испания	86	43000
Швеция	41	20500

Шамол турбинаси блокнинг умумий қуралиниши



Шамол электр станцияларининг иқтисодий кўрсаткичлари

Шамол электр станцияларининг солиштирма нарҳи:

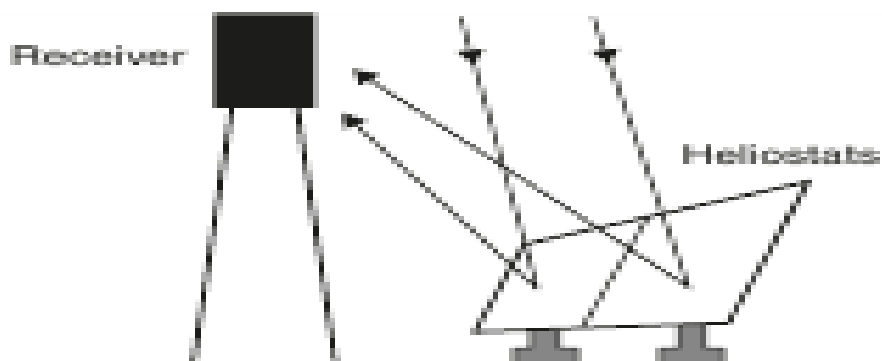
1300-1800 \$/кВт;

Шамол электр станцияларида ишлаб чиқарилувчи электр энергиянинг тан нарҳи:

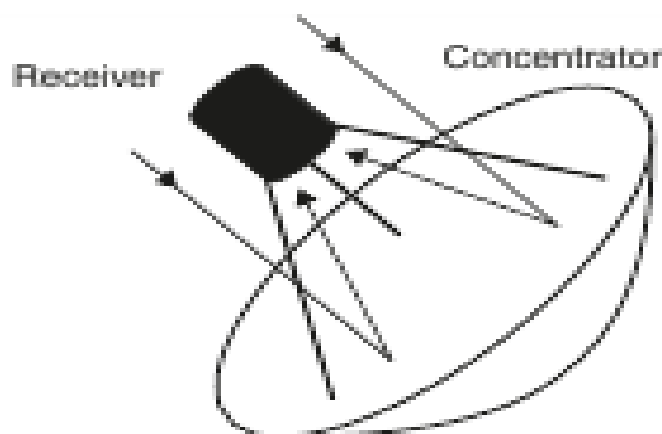
- шамолнинг тезлиги 10 м/с бўлганда: 0,03 \$/кВт.соат
- шамолнинг тезлиги 5 м/с бўлганда: 0,08 \$/кВт.соат

Прогнозларга кўра 2020 йилга бориб тан нарҳнинг бу қийматини 24% га камайиши кутилмоқда.

Минорали иссиқлик алмаштиргичлардан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқариш



Ботик коллекторлардан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқариш



Назорат саволлари:

1. Бутун Жаҳон миқёсида энергетика тараққиётининг замонавий ҳолати ва муаммоларини айтиб беринг;
2. Жаҳон миқёсида турли энергия ресурсларидан фойдаланиш тенденциялари ва муаммоларини айтиб беринг.
3. Жаҳон миқёсида қумир ёқувчи станцияларнинг иқтисодий кўрсаткичларини баҳоланг.
4. Жаҳон миқёсида табиий газ ёқувчи станцияларнинг иқтисодий кўрсаткичларини баҳоланг.

5. Жаҳон миқёсида қайта тикланувчан энергия манъбаларидан фойдаланиб ишловчи электр станциялари ва қурилмаларининг техник ва иқтисодий кўрсаткичларини баҳолаш.
6. Электр энергиясини узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш жараёнида энергетик самарадорликни ошириш усулларини айтиб беринг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. John R. Fanchi with Christopher J. Fanchi. Energy in the 21st Century. 2nd Edition. World Scientific Publishing Co. New Jersey...., 2011.
2. Energy Efficiency – a Bridge to Low Carbon Economy/ Edited by Zoran Morvaj/ Published by InTech. Rijeka Croatia. 2012.
3. Paul Breeze. Power Generation Technologies. Elsevier, Amsterdam and etc., 2005.
4. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
5. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRCP resisan imprint of Taylor & Francis Group, anInforma business.
6. Zoran Morvaj. Energy efficiency –a bridge tolow carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
7. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

2-мавзу: Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг ҳолати ва муаммолари.

Режа:

1. Ўзбекистон Республикасида электр энергиясини ишлаб чиқаришнинг масштаблари ва кейинги истиқболлари
2. Ўзбекистон Республикасида электр энергиясини ишлаб чиқаришнинг масштаблари.

Таянч сўз ва иборалар: Энергетика, энергия, энергия ресурси, қайта тикланувчан энергия ресурси, бирламчи ва иккиламчи энергия, экология, энергия ишлаб чиқариш, энергетиканинг ривожланиш тенденцияси, энергетик баланс.

2.1. Ўзбекистон Республикасида электр энергиясини ишлаб чиқаришнинг масштаблари ва кейинги истиқболлари.

Юқори даражадаги техник тараққиёт ва у бугунги кунда эришган ютуқларни сифат жиҳатидан янги турдаги энергиядан, хусусан электр энергиясидан фойдаланмасдан таъминлаб бўлмас эди. Электр энергияси ҳозирги даврда инсоният ҳаётида кенг фойдаланилмоқда. У саноатда ва қишлоқ хўжалигида турли механизмларни ҳаракатга келтиришда, бевосита технологик жараёнларда, транспортда ва маданий-маиший ҳаётда кенг қўлланилади. Замонавий аълоқа воситалари – телефон, телеграф, радио, телеведиия кабиларнинг ишлаши ҳам электр энергиясидан фойдаланишга асосланган. Электр энергиясисиз кибернетика, ҳисоблаш техникаси, космик техникаси кабиларни ривожлантириш мумкин бўлмас эди. Электр энергиянинг асосий самарали хусусияти шундан иборатки, у узок масофага осон узатилиши ва нисбатан содда ва кам исроф билан бошқа турдаги энергияларга ўзгартирилиши мумкин. Электр энергияси ҳозирги даврда инсонлар томонидан энг кўп фойдаланиладиган энергия туридир.

Юқоридаги сабабларга кўра электр энергетикасининг тараққиётига бутун жаҳонда, шу жумладан бизнинг мамлакатимизда жуда катта эътибор қаратилган.

Ўзбекистон энергетикасининг ривожланиш тарихи

1914 йилда Туркистон энергетика хўжалигининг қуввати 20 минг от кучидан ортиқроқ бўлиб, мавжуд 51 та электр станциялардаги умумий электр моторларининг сони 500 тадан ошмас эди.

1917 йилга келиб ҳозирги Ўзбекистон Республикаси ҳудудидаги электр станцияларнинг умумий қуввати 3 минг кВт ни ташкил қилиб, уларда бир йилда 3,3 млн. кВт.соат электр энергияси ишлаб чиқарилган.

Ўзбекистон энергетикаси тараққиётида Туркистон ўлкасини электрлаштириш режасининг тузилиши қатта аҳамият касб этди. 1923 йил Тошкент шаҳри чеккасидан ўтувчи Бўзсув каналида гидроэлектр станцияси (ГЭС)нинг қурилиши бошланди. 1926 йил Ўзбекистон энергетикасида биринчи – ўша вақтда Ўрта Осиёда энг катта бўлган 2 минг кВт қувватли Бўзсув ГЭСининг биринчи навбати ишга туширилди.

Ўзбекистон энергетика тизими тузилган пайтда (1934 й.) Республикада электр энергияси қувватининг ўсиши асосан Чирчиқ-Бўзсув йўналишидаги умумий қуввати 180 минг кВт бўлган кетма-кет қурилган гидроэлектр станциялари ҳисобига тўғри келди.

1939 йилда Қизилқия кўмир ҳавзаси негизида Қувасой Давлат район электр станцияси (ДРЭС) нинг 12 МВт қувватли конденсацион турбина агрегати ва Тошкент тўқимачилик комбинати иссиқлик электр станциясининг 6 МВт қувватли иккита турбинаси ишга туширилди.

Электр станцияларининг қурилши ва саноат корхоналарининг ривожланиши магистрал электр тармоқларини қуриш заруратини келтириб чиқарди. Қодир ГЭС ининг ишга туширилиши билан бир вақтнинг ўзида Республикада биринчи бўлиб ундан Тошкент шаҳрига электр энергиясини узатувчи 35 кВ кучланишли икки занжирли линия фойдаланишга топширилди.

1939-1940 йилларда 110 кВ кучланишли ҳаво линиялари Қувасой ДРЭСини Андижон шаҳри билан, Тавоқсой ГЭСини Чирчиқ шаҳри билан боғлади.

Ватан уруши йилларида Тошкент шаҳри атрофини боғловчи 35 кВ кучланишли халқасимон ҳаво линияси қуриб битказилди, шимолий саноат районини

электр энергия билан таъминлаш учун катта қувватли "Северная" подстанцияси қурилди.

1943 йилда Сирдарё дарёсида қурила бошлаган 125 минг кВт қувватли Фарход ГЭСи кимё саноатини ривожлантириш ва суғориладиган ерларни сув билан таъминлаш имконини берди. Ўзбекистон ва қўшни республикаларнинг 700 минг гектардан ортиқроқ ерларини ўзлаштиришга имкон берувчи сув тўғонлари қурилди.

Ангрен қўмир ҳавзасини ўзлаштирилиши иккита иссиқлик электр станцияси – 600 минг кВт қувватли Ангрен ИЭС ва Олмалик иссиқлик электр маркази (ИЭМ)ни қуришга асос бўлди.

1972 йил Сирдарё ИЭСида Ўрта Осиёда биринчи энг катта критик параметрларда (буғ босими 240 атм., ҳарорати 545⁰С) ишловчи 300 минг кВт қувватли энергетика блоки ишга туширилди. Ҳозирги пайтда Сирдарё ИЭСда 10 та шундай қувватли блоклар ишламоқда.

Ҳозирги пайтга келиб ўрнатилган ускуналар қувватларининг йиғиндиси 14,0 млн. кВтдан ортиқроқ бўлган 37 та иссиқлик ва гидроэлектр станцияларни ўз ичига олган Ўзбекистон энергетика тизими асосини йирик электр станциялари, шу жумладан, Сирдарё (3,0 млн. кВт), Янги-Ангрен (2,1 млн. кВт), Тошкент (2.07 млн. кВт) ва Навоий (1,68 млн. кВт) иссиқлик электр станциялари ташкил этади (1.3- расм). Ушбу электр станцияларда бирлик қуввати 150 – 300 минг кВт бўлган 30 дан ортиқ замонавий энергетика блоклари ўрнатилган. Бирлик қуввати Марказий Осиёда энг катта 800 минг кВт бўлган Толлимаржон иссиқлик электр станцияси мустақиллик йилларида ишга туширилиб, кейинчалик яна иккита 450 минг кВт қувватли буғ-газ қурилмали блоклар ҳисобига умумий қуввати 1700 минг кВтга етказилди. Ўзбекистон Республикасида бугунги кунда ишлаётган иссиқлик электр станциялари ва уларнинг ўрнатилган қувватлари ҳақида маълумотлар 2.1-жадвалда келтирилган.

2.2. Ўзбекистон Республикасида электр энергиясини ишлаб чиқаришнинг масштаблари.

Ҳозирги даврда Ўзбекистон Республикасидаги мавжуд

электр станцияларининг ўрнатилган қуввати: 14278,2 МВт

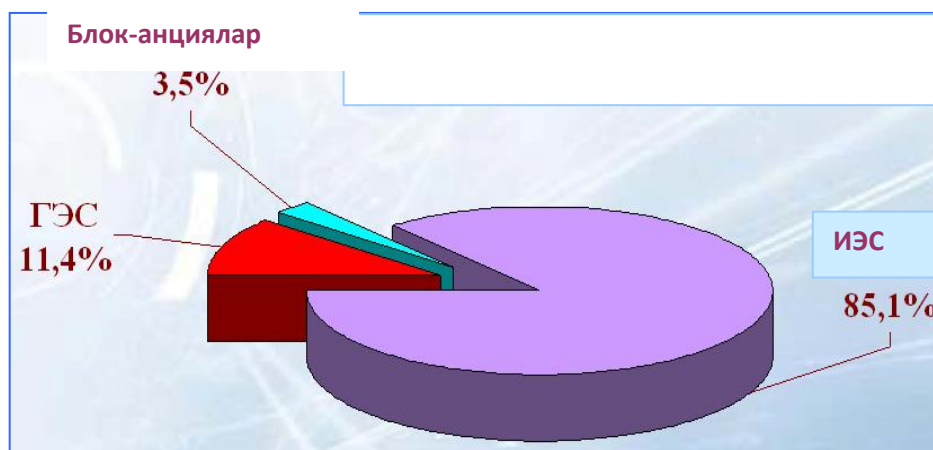
шу жумладан:

Иссиқлик электр станциялари 12400,0 МВт

Гидроэлектр станциялар: 1444,7 МВт

Блок-станциялар: 433,5 МВт

ЎЗР энергетика тизимида ҳозирги даврда мавжуд электр станциялари ўрнатилган қувватларининг тузилмаси 2.1- расмда тасвирланган.



2.1.- расм. Ўзбекистон Республикасида мавжуд электр станциялари ўрнатилган қувватларининг тузилмаси

2.1-жадвал

Ўзбекистон Республикасининг иссиқлик электр станциялари

Станция	Ўрнатилган қувват, МВт
Сирдарё ИЭС	3000,0
Янги-Ангрен ИЭС	2100,0
Тошкент ИЭС	1860,0
Навои ИЭС	1850,0
Тахиатош ИЭС	730,0
Фарғона ИЭМ	330,0
Ангрен ИЭС	484,0

Муборак ИЭМ	60,0
Тошкент ИЭМ	30,0
Толлимаржон ИЭС	1700

Гидроэлектр энергетикаси Ўзбекистон Республикаси энергетика вазирлиги тизимидаги бир нечта унчалик катта бўлмаган қувватли ГЭС каскадлари билан белгиланади. Булардан Ўрта-Чирчиқ ГЭСлар каскади таркибига кириб, сув омборларига эга бўлган 620 минг кВт қувватли Чорбоғ ва 165 минг кВт қувватли Ҳожикент ГЭСлари асосан қувват балансини ростловчи станциялар сифатида фаолият кўрсатади. Қолган ГЭСларнинг иш ҳолатлари эса хавзадан оқиб ўтувчи сув миқдори билан белгиланади. Бугунги кунда Ўзбекистон Республикасида мавжуд ГЭСларнинг умумий ўрнатилган қуввати 1419 кВтни ташкил этади.

Ўзбекистоннинг энергетика тизими Туркменистон, Тожикистон, Қирғизистон ва Жанубий Қозоғистон энергетика тизимлари билан туташган бўлиб, Марказий Осиё халқаро Бирлашган энергетика тизимининг асосий таркибий қисми ҳисобланади.

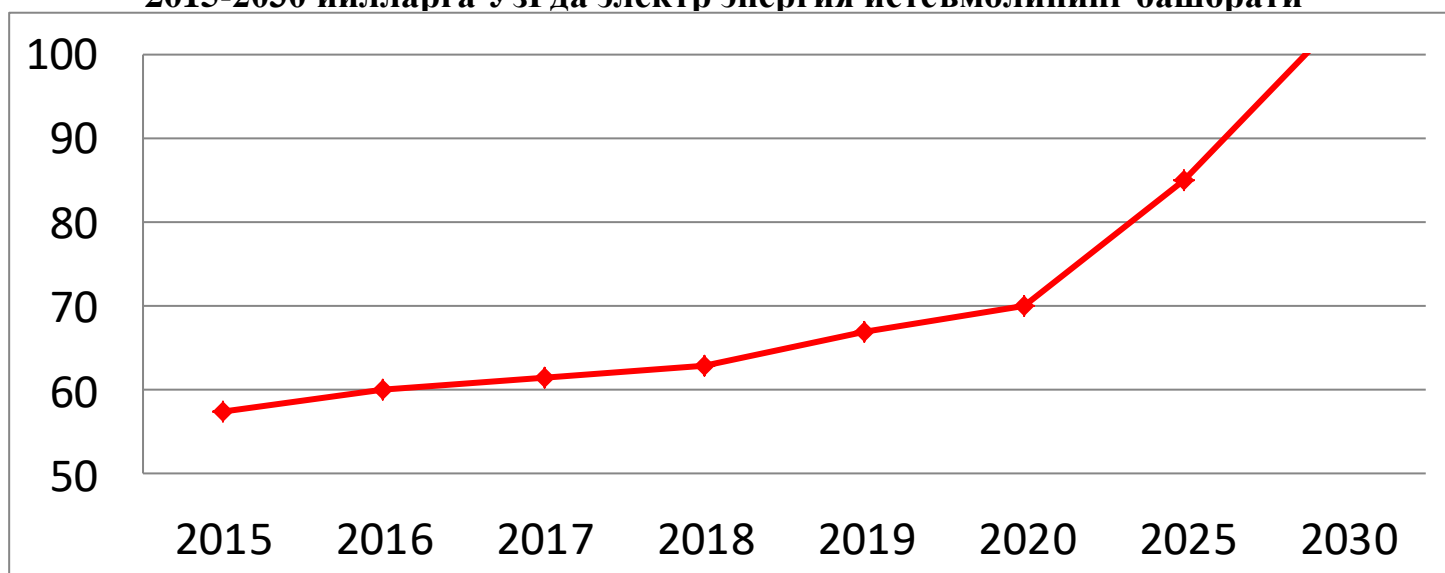
Кўп миқдорда ишлаб чиқарилувчи электр энергияни масофага самарали узатиш ва истеъмолчиларга тақсимлаш турли кучланишдаги электр узатиш линияларидан фойдаланишни тақазо этади. Ҳозирги даврда Ўзбекистон Республикасидаги барча номинал кучланишли электр узатиш линияларининг умумий узунлиги тахминан 243 минг км бўлиб, жумладан, 500 кВ кучланишли линиялар 2,5 минг км, 220 кВ кучланишли линиялар 5,1 минг км, 35-110 кВ кучланишли линиялар 64 минг км ва 0,4-10 кВ кучланишли линиялар 171,4 минг км ни ташкил этади.

Келажакда халқ хўжалигининг таракқий этиб бориши билан ҳамоҳанг тарзда Республикамиз энергетикаси ҳам янада юқори жадалликда ривожланиб боради. 2.2- жадвалда ЎзРда 2020 йилгача электр энергияни ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш баланси динамикасининг сценарийси тасвирланган.

ЎзРда электр энергияни ишлаб чиқариш ва истеъмоли балансининг сценарийси (МВт.соат)

Балансининг ташкил этувчиси	2010 й., амалда	2015 й.	2020 й.
1. ЭЭ истеъмоли	50747,0	56000,0	64900,0
2. ЭЭ экспорти	1164,0	900,0	1800,0
3. ЭЭ ишлаб чиқариш шу жумладан:	51911,0	56900,0	66700,0
3.1. «Ўзбекэнерго» ДАК шу жумладан	50057,0	52315,0	62115,0
3.1.1. ИЭС	43508,0	46568,0	53442,0
3.1.2. ГЭС	6549,0	5746,0	8352,0
3.1.3. НҚТЭ	-	-	321,0
3.2. Блокстанциялар	1834,0	4585,0	4585,0

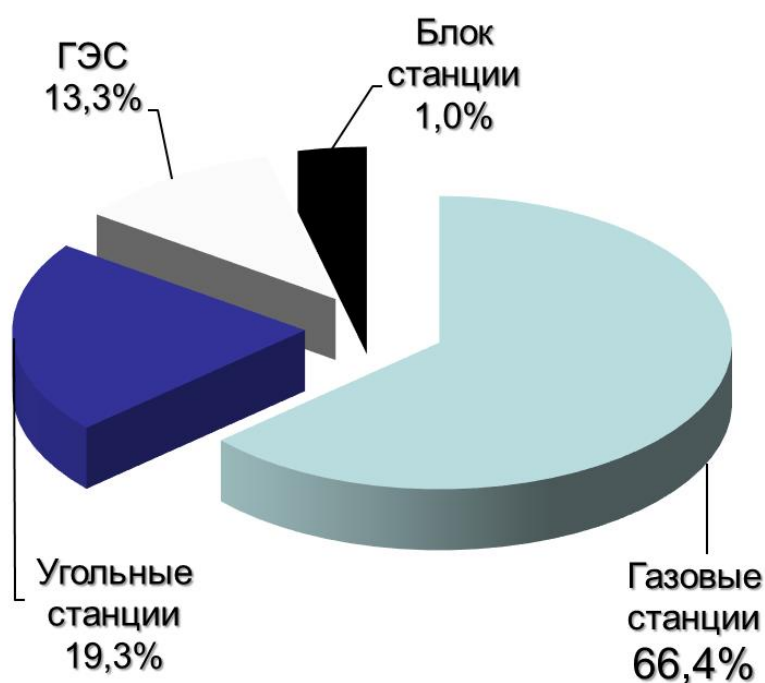
2015-2030 йилларга ЎзРда электр энергия истеъмолининг башорати



Ўзбекистон Республикасининг электр станциялари	Ўрнатилган қувват, %	2017 йил-нинг I ярмида электр энергияси ишлаб чиқариш, %
Ўзбекистон бўйича:	100	100
1. «Ўзбекэнерго» АЖ (7 та ИЭС и 3 та ИЭМ) шу жумладан: - ИЭСлар (7 та ИЭС) - ИЭМлар (3 та ИЭМ)	85,7 82,8 2,9	85,6 83,8 1,8
2. «Ўзгидроэнерго» АЖ (37 та ГЭС)	13,3	13,3
3. Блок-станциялар (УГХК и АГМК)	1,0	1,1

Ўрнатилган қувват

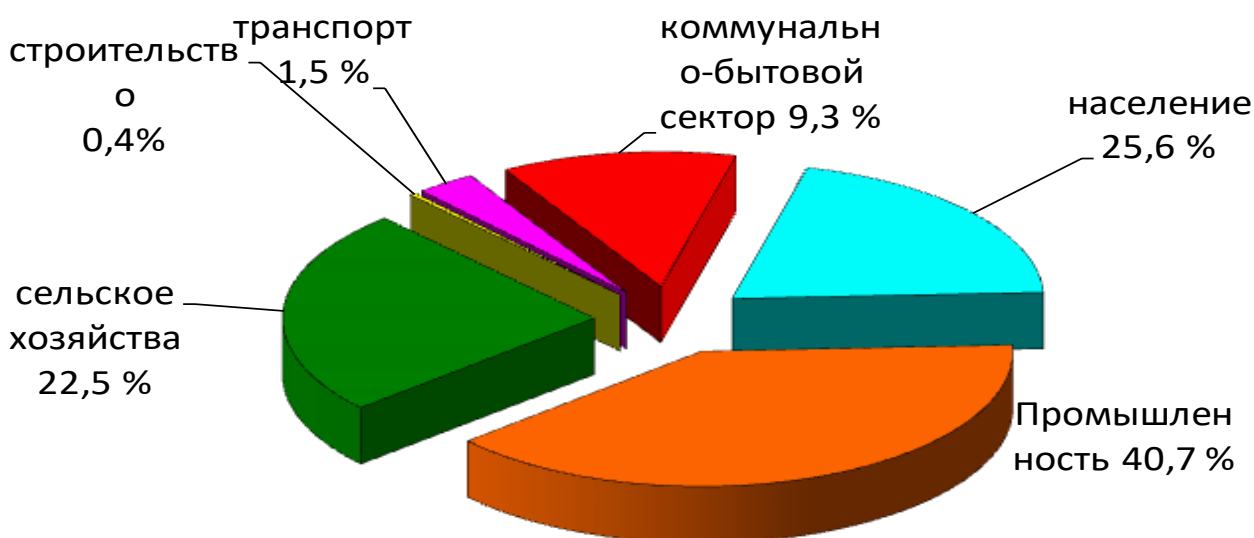
Электр энергия ишлаб чиқариш



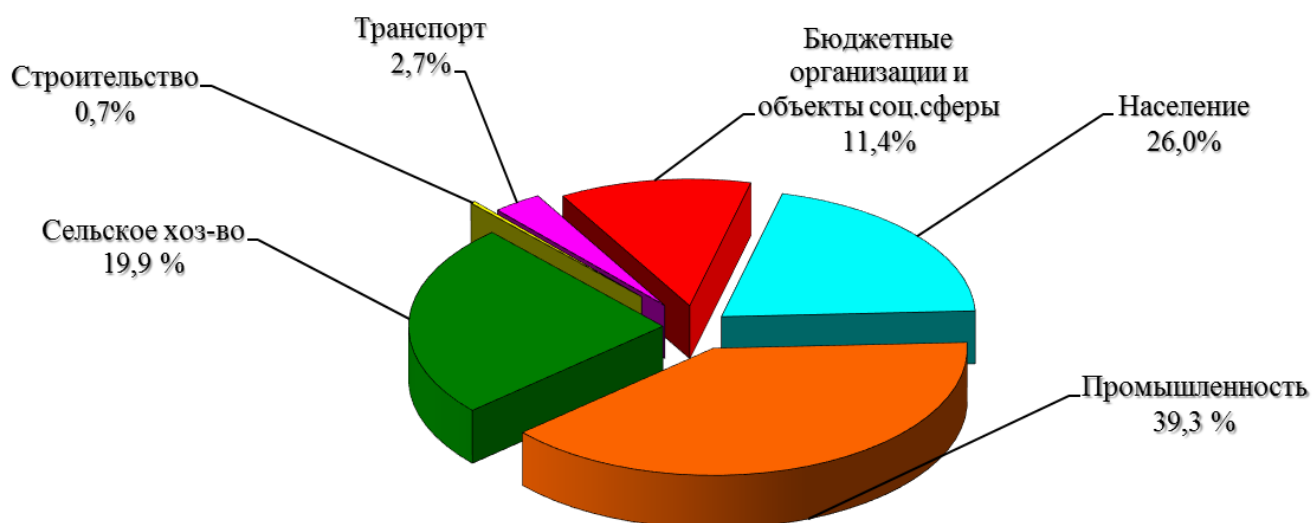
Электр энергия балансини ушбу жадвалда келтирилган даражада бўлишини таъминлаш электр станцияларида қўшимча, самарали блокларни ўрнатиб, ишга

тушириш, мавжудларини модернизациялаш, кўшимча электр тармоқларини қуришни назарда тутди.

Иқтисодиёт тармоқлари ва аҳоли томонидан электр энергия истеъмоли

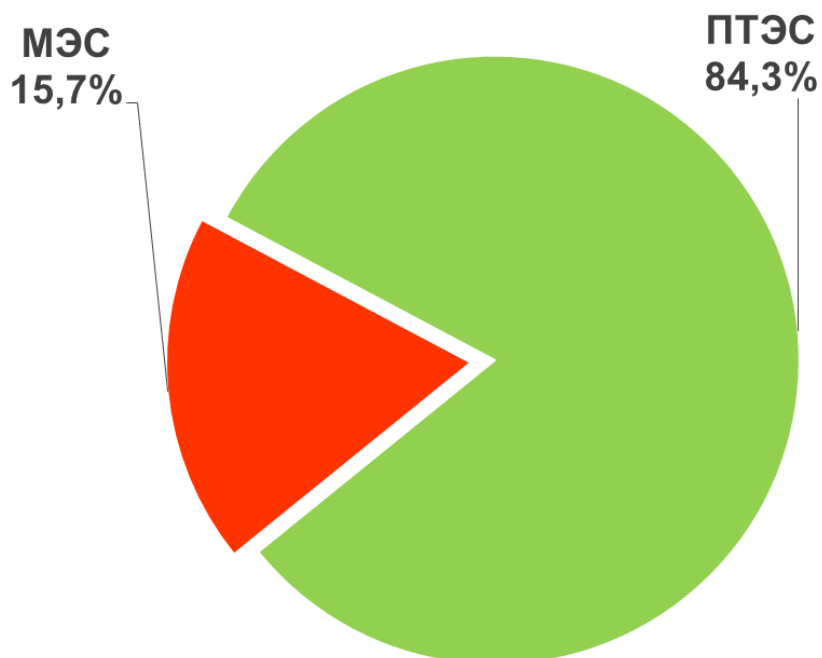


2017 йилнинг 1- ярмида иқтисодиёт тармоқлари ва аҳолати томонидан электр энергия истеъмоли



Иқтисодиёт тармоқлари ва аҳоли	%
Саноат	39,3
Қурилиш	0,7
Транспорт	2,7
Ишлоқ хужалиги	19,9
Аҳоли	26,0
Бюджетташкилотлар ва ижтимоий объектлар	11,4

2017 йилнинг 1- ярмида электр энергияни узатишда тармоқлардаги исрофлар



Наименования предприятия	%
Всего:	100
ш.ж. ХЭТК (ПТЭС)	84,3
ш.ж. МЭТ	15,7

п/п	Наименование ПТЭС	%
1	Андижан	23,77
2	Джизак	21,86
3	Наманганское	20,91
4	Хорезм	20,10
5	Сирдарё	19,38
6	Фарғана	19,03
7	Сурхандарё	18,08
8	Қарақалпағистон	17,94
9	Самарканд	14,86
10	Бухаро	14,60
11	Қашқадарё	11,89
12	Ташкент вилояти	9,74
13	Ташкент шаҳри	8,47
14	Навоии	4,54

2017 йилнинг 1- ярмида «Ўзбекэнерго»АЖ ИЭС ва ИЭМларининг техник-иктисодий кўрсаткичлари

ИЭС ва ИЭМ номи	Шартли ёқилғи сарфи, г.ш.ё./кВт.соат
Навоий ИЭС	435,0
ш.ж. БГҚ-478	229,8
Ташкент ИЭС	433,6
Тахиаташ ИЭС	429,3
Янги-Ангрен ИЭС	428,0
Ангрен ИЭС	368,0
ш.ж энергоблок №10	323,2
Сырдарё ИЭС	358,4
Талимарджон ИЭС	310,0
ш.ж БГҚ № 1	220,8
ш.ж БГҚ № 2	247,4
Ферғона ИЭМ	189,0
Мубарак ИЭМ	164,0
Тошкент ИЭМ	159,0
«Узбекэнерго» АЖ	352,7

Сўнги йилларда иссиқлик энергетикаси соҳасида Навои ИЭСда 478 МВт қувватли буғ-газ қурилмаси (БГҚ) ўрнатилди, Талимарджон ИЭС 2 та 450 МВт қувватли БГҚни ўрнатиш ҳисобига кенгайтирилди, Тошкент иссиқлик электр марказида 3 та 27 МВт қувватли газ-турбина қурилмаси (ГТҚ) ўрнатилди, Тошкент ИЭС 370 МВт қувватли БГҚни ўрнатиш ҳисобига модернизацияланди, Ангрен кўмир ҳавзасини модернизациялаш орқали Янги-Ангрен ИЭСнинг 1-5 блокларини бутун сутка давомида кўмир ёқишга ўтказиш бўйича инвестиция лойиҳалари бажарилди.

Гидроэнергетика соҳасида эса, ушбу вақт давомида модернизациялаш ишларини амалга ошириш ҳисобига Чорбоғ ГЭСнинг қувватини 45 МВтга, Тошкент ГЭСлари каскадининг қувватини 8,3 МВтга, Қуйи Бўзсув ГЭСларининг қувватини 2,5 МВтга оширишга оид инвестиция лойиҳалари бажарилди.

Ўзбекистон Республикасида мавжуд электр узатиш линияларининг узунлиги

Барча номинал кучланишли линияларнинг умумий узунлиги: 243 минг км

шу жумладан

500 кВ кучланишли линиялар: 2,5 минг км

220 кВ кучланишли линиялар: 5,1 минг км

35-110 кВ кучланишли линиялар: 64 минг км

0,4-10 кВ кучланишли линиялар: 171,4 минг км

Ўзбекистон Республикаси энергетикасининг замонавий муаммолари.

1. Электр энергияси истеъмолининг катта аниқликдаги назоратини ташкил қилиш;
2. Иссиқлик электр станцияларида ишловчи блокларни замонавий юқори самарадорликка эга бўлганларига алмаштириш;
3. Иссиқлик электр станцияларининг жиҳозларини модернизациялаш ҳисобига самарадорлигини ошириш (ш.ж., ёқилғини самарали ёқиш);
4. Қайта тикланувчан энергия манъбаларидан кенг фойдаланиш (ГЭСлар, Қуёш ва шамол станциялари ва қурилмалари);
5. Мавжуд ГЭСларнинг блокларини модернизациялаш ҳисобига ўрнатилган қувватларини ва самарадорлигини ошириш;
6. Электр тармоқларини ривожлантириш: электр энергиясини узатиш ишончлилигини ошириш, электр энергияси бозорини ташкил этиш ва тармоқларнинг ҳолатларини иқтисодий самарадорлигини ошириш;
7. Энергияни ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш жараёнларини оптималлаштириш;
8. Энергияни истеъмол қилишда самарадорликни ошириш;

9. Электр юкламаларини бошқариш ва юклама графигини текислаш.
10. Юқори даражада автоматлаштирилган электр энергетика тизимини ташкил этиш.

Ўзбекистон Республикасида электр энергетикасини ривожлантириш бўйича амалга оширилаётган йирик лойиҳалар

1. Тўрақўрғон-500 подстанциясини қуриш;
2. Янги Ангрен – Тўрақўрғон 500 кВ ҲЛни қуриш;
3. Тўрақўрғон - Ўзбекистон 500 кВ ҲЛни қуриш;
4. Атом электр станциясини лойиҳалаш ва қуриш.

Назорат саволлари:

1. ЎзРда энергетика тараққиётининг замонавий ҳолати ва муаммоларини айтиб беринг;
2. Энергетик ишлаб чиқаришнинг экологик муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари айтиб беринг;
3. Бирлашган энергетика тизимларини шакллантириш, уларнинг аҳамияти ва ишлатиш бўйича муаммоларини айтиб беринг;
4. Электр энергиясини узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш жараёнида энергетик самарадорликни ошириш усулларини айтиб беринг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
2. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRCР ressisan imprint of Taylor & Francis Group, anInforma business.
3. Zoran Morvaj. Energy efficiency –a bridge tolow carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
4. John r. Fanchi. Energy in the 21st century. (2nd edition) Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.

5. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.
6. К.Р. Аллаев. Электроэнергетика Узбекистана и мира. Т. «Фан ва технология», 2009.- 464 с.
7. К.Р. Аллаев Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. Т. Издательство «Молия» 2007. 388 с.

3-мавзу: Энергия самарадорлигини оширишда аккумуляциялашнинг ўрни.

Режа:

1. Энергияни аккумуляциялаш тушунчаси
2. Энергияни аккумуляциялашнинг аҳамияти.
3. Гидроэнергияни аккумуляциялаш .
4. Иссиқликни аккумуляциялаш.

Таянч сўз ва иборалар: энергияни аккумуляциялаш, гидроаккумуляцион электр станцияси, электр батареялари, конденсатор батареялари

3.1 Энергияни аккумуляциялаш тушунчаси.

Энергияни аккумуляцияланиши (тўпланиши) деганда қайсидир бир тур энергияни қурилмага, жихозга, ускуна ёки иншоатга – аккумуляторга (тўплагичга) йиғиб, керак бўлган пайтда бу энергияни тўғридан-тўғри ёки қайта ўзгартириб истеъмол қилиш тушунилади.

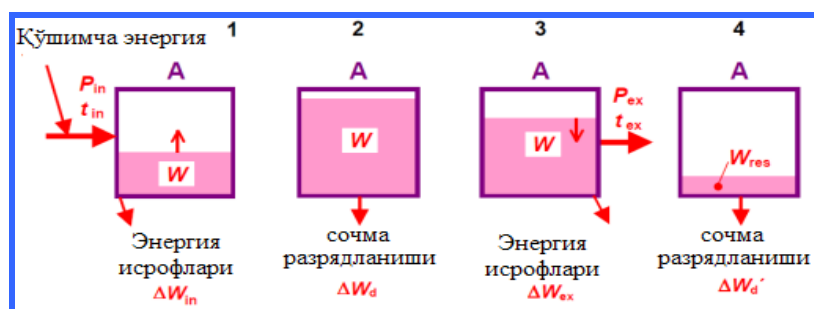
Қуёш ва шамол сингари қайти тикланувчан энергия манъбалари асосида электр энергиясини ишлаб чиқариш келажакда энергияга бўлган талабни қоплаш учун катта имкониятларни очади. Бироқ, бундай ўтканчи қайта тикланувчан манъбалардан электр энергияси ишлаб чиқаришда фойдаланиш самарали электр энергия аккумуляторларни талаб этади. Самарали ва ишончли электр энергия аккумуляторлари қайта тикланувчан энергия манъбаларидан кенг фойдаланишни йўлга қўйишда асосий чекловчи факторлардан бири ҳисобланади. Шу сабабли қуёш ва шамол энергиясидан фойдаланиб электр энергиясини генерациялаш ҳамда энергия манъбаларининг даражали циклик табиатини самарадорлигини

оширишда электр энергияни аккумуляциялашнинг аҳамияти критик даражада муҳимдир⁹.

Энергияни аккумуляциялашнинг вазифалари.

1. Қуввати ўзгариб турувчи бирламчи энергия ресурсларидан самарали фойдаланиш.
2. Қуввати ўзгариб турувчи бирламчи энергия ресурсларидан узлуксиз энергия таъминотини амалга ошириш.
3. Электр станцияларининг юклама графикларини ростлаш (текислаш).

Аккумуляторни энергия билан зарядлаш вақтларда гоҳида қўшимча энергия талаб қилинади, чунки зарядлаш жараёнида энергия исрофлари кузатилади. Аккумулятор зарядлангандан сўнг тайёр ишчи ҳолатда туриши лозим (зарядланган ҳолат), зарядланган ҳолатда турганда (сақланганда) кичик сочма ва сизиш, ўз-ўзидан разрядланиш ёки бошқа намоёнликлар кузатилиши мумкин. Аккумулятордан энергия олинishi жараёнида ҳам исрофлар кузатилади; ундан ташқари барча тўпланган энергияни тўла тўккис қайтариб олиш имкони бўлмайди. Айрим аккумуляторлар шундай тузилганки, уларда албатта қолдиқ энергия заряди қолиши керак. Аккумуляорнинг қуйдаги иш ҳолатлари схемада кўрсатилган: аккумуляторни энергия қабул қилиш, ишлашга тайёр ҳолати, энергияни қайтариш ҳолати. (4.1- расм).



4.1- расм. Энергия аккумуляторнинг ҳолатлари (А) (соддалаштирилган). 1 энергияни қабул қилиш, 2 ишга тайёр ҳолати, 3 энергияни узатиши, 4 разрядланган ҳолати.

⁹ Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011.p. 153-154.

у ерда: P_{in} - истеъмол қилинаётган қувват, P_{ex} – берилаётган қувват, t_{in} – зарядланиш давомийлиги, t_{ex} – энергияни бериш давомийлиги, W – аккумуляцияланган энергия, W_{res} - қолдиқ энергия, W_{in} – зарядлаш вақтидаги исрофлар, W_{ex} – энергияни узатишдаги исрофлар, W_d – сочма разрядланиш эвазига келадиган исрофлар.

3.2 Энергияни аккумуляциялашнинг аҳамияти.

Энергияни аккумуляциялаш одатда мақсадли ҳаракат ҳисобланади. Аммо энергия аккумуляцияланиши (тўпланиши) фақат инсоннинг ҳаракати ёки мақсадига боғлиқ бўлмаганда, балки физик ва табиат жараёнлар ёки сунъий қурилмаларда ҳам бўлади.

Мисол тариқасида Расм 4.2 да айрим табиатдаги кузатиладиган жараёнлар кўрсатилган. Улардан ташқари қуйдагиларни кўрсатиб ўтиш лозим.

- Жуда катта иссиқлик энергияси, E_p ости суюқ қатламларида жойлашган;
- Ернинг қуёш ўқи атрофида айланиши эвазига ҳосил бўладиган кинетик энергия;
- Шамолнинг кинетик энергияси, сув оқими ва ҳаракатланувчи жисмлар;
- Кимёвий энергия, тирик мавжудотларда тўпланган.

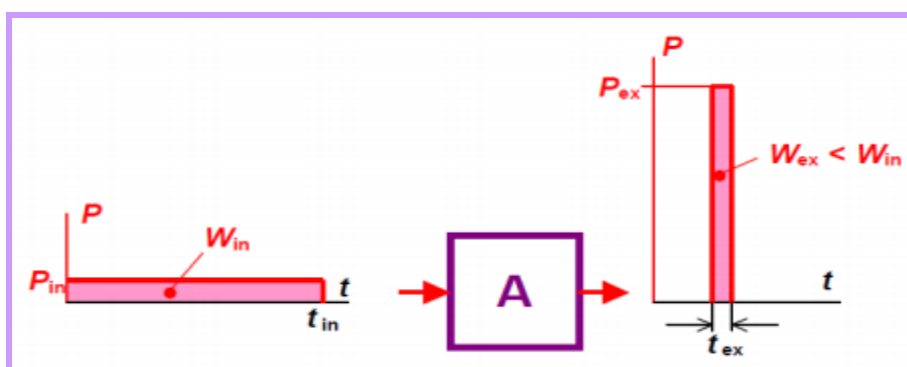


4.2- расм. Табиатда энергияни аккумуляцияланишига мисоллар

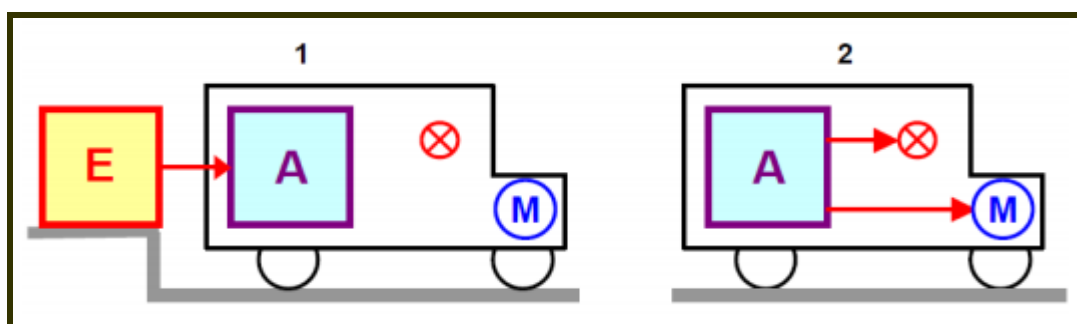
Энергияни сунъий аккумуляцияланишида қуйдаги мақсадлар кўзда тутилиши мумкин¹⁰:

¹⁰ Frank Kreith D.Yogi Goswami. **Energy management and conservation handbook**. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. (p. 123)

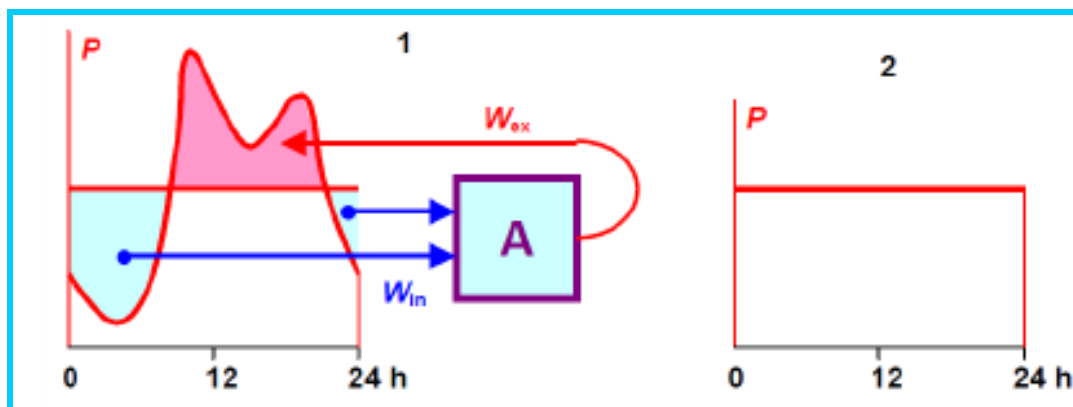
- энергиядан захира қилиш (одатда ёқилғи захиралари кўринишида) мақсадида, ҳамда қисқа муддатли энергияни билан таъминлаш узилишларда, кризис ҳолатларда ва бошқалада;
- қисқа муддатли катта қувватлар керак бўлганда (чекланган қувватли манбаларда), масалан чакнаш лампаларни ёқишда ёки нуқтали пайванд қурилмаларда (расм 4.3);
- электр таъминот тизимини мустақил, яъни ташқи манбаларга боғлиқ бўлмаган, автоном ёки ҳаракатланувчан қурилмаларда ишлатилади (Расм 4.4),
- ўзгарувчан юкламалар ишлатилганда, масалан поршенли механизмларда, пневматик асбоб ускуналарда, юклама графиги кескин ўзгарувчан бўлганида ва бошқа ўхшаш ҳолатларда (Расм 4.5).



4.3- расм. Энергия аккумуляторининг (А) катта қувватли энергия импульсини ҳосил қилишда қўлланилиши



4.4- расм. Ҳаракатланувчи энергия истемолчиларида аккумулятор энергиясини қўллаш намуналари: 1) стационар электр энергия манбаидан аккумуляторни қувватлаш, 2) тўпланган электр энергияни ишлатиш.



Расм 4.5. 1) Тунги минимал юкламада тўпланган энергия w_{in} орқали кунлик юкламани текислаш ва тўпланган энергияни w_{ex} кундузги энг катта юкламаларни қоплаш учун қўллаш.

Аккумулятор энергиялари одатда қўйидагича характерланади:

- тўпланаётган энергия тури (электр энергияси, иссиқлик, механик энергия, химик энергия ва ҳ.к.);
- тўпланаётган энергиянинг сони;
- узатаётган ва истемол қилаётган қуввати;
- энергиянинг тўпланиш ва узатиш давомийлиги;
- аккумуляциялаш ф.и.к. $\eta = \frac{W_{ex}}{W_{in}}$, бу ерда w_{ex} - аккумулятордан узатилаётган энергия, w_{in} - аккумулятор истемол қилаётган энергия;
- бирлик оғирлик ёки ҳажмда солиштира аккумуляциялаш қобилияти;
- аккумуляторнинг тўлиқ ва солиштира нархи;
- аккумулятордан олинаётган энергиянинг солиштира нархи.

Кўп миқдорда энергия аккумуляциялаш усуллари.

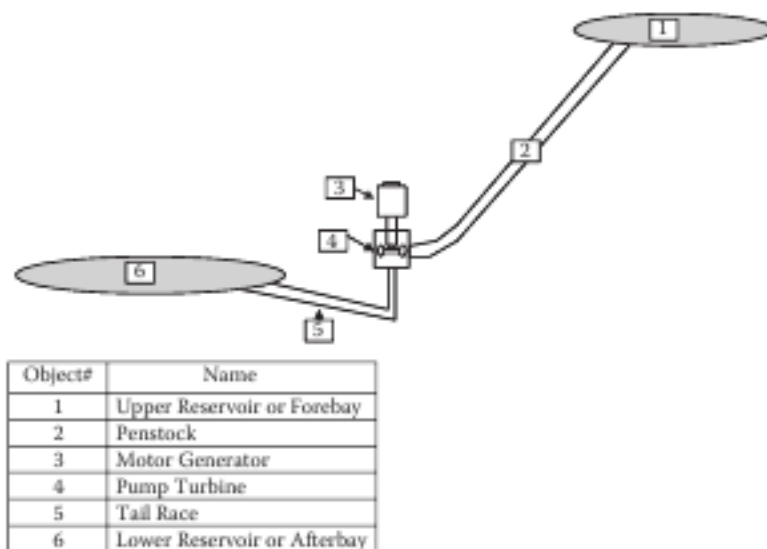
1. Гидроаккумуляцион электр станциялари ёрдамида аккумуляциялаш (ГАЭС – PHES)
2. Ҳаво аккумуляцион электр станциялари ёрдамида аккумуляциялаш (ҲАЭС – CAES)
3. Электр батареялари ёрдамида аккумуляциялаш
4. Иссиқлик сақлагич қурилмалар ёрдамида аккумуляциялаш
5. Табiiй газни сақлаш орқали аккумуляциялаш

3.3. Гидроэнергияни аккумуляциялаш.

Гидроэнергия моҳияти бўйича механик энергиянинг бир тури бўлиб, бошқа турдагилар билан жуда катта миқдорда аккумуляциялаш ва энергосистеманинг ўзгарувчан юкмасини сезиларли даражада шундай вақт оралиғида шундай қувват билан ростлаш имконини (4.5- расм) ҳамда иссиқлик электр станцияларнинг (шунингдек атом электр станцияларни) иш ҳолатларини бир меъёردа таъминлайди.

Аккумуляциялаш ҳамда гидроэнергияни ишлатиш учун гидроаккумуляцияловчи электр станциялари (ГАЭС) дан фойдаланиш мумкин.

ГАЭС генерацияланувчи энергияни сақлаш учун белгиланган чегараларда юклама сифатида ишлаш имкониятига эга¹¹. Сақланган (аккумуляцияланган) энергия юқорига кўтарилган сувнинг потенциал энергиясидир. Пастки сув омборидан сувни турбина орқали юқори сув омборига ҳайдаш ишига энергия сарфланади. Ушбу сарфланган энергия зарур бўлган вазиятда юқориги сув омборидан сув пастки сув омборига томонга оқизилади. Ушбу жараён давом эттирилади. 4.6а-расмда ГАЭСнинг содда принципиал схемаси келтирилган.



4.6а- расм. ГАЭСнинг принципиал схемаси.

¹¹ Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011. p. 51-52.

Ушбу станцияларнинг ишлаш тамойили 4.6б-расмда кўрсатилган. Сув омборларининг сатхлари орасидаги масофа одатда 50 метрдан 500 метргача етади. Машина залида мотор-насос ҳамда турбина-генератор иш режимларида ишловчи агрегатлар мавжуд, катта босимларда (тахминан 500 метр ва ундан катта) бошқа алоҳида насосли ва турбинали агрегатлар ишлатилади. Энерготизимнинг юкламаси минимал бўлган вақтда (мисол учун тунда) ушбу агрегатлар юқори сув омборини сув билан тўлдиради. Тизимнинг катта юкламали вақтида тўпланган гидроэнергияни электр энергияга айлантиради. Бундай аккумуляциялашнинг ф.и.к. 70÷85 % бўлиши ҳамда бундай усулда электр энергияни олиш таннархи иссиқлик электр станцияларникига нисбатан анча қиммат бўлишига қарамай электр юкламалар графигини текислаши ва иссиқлик электр станцияларнинг қувватини камайтириши энергия тизимнинг чиқимларини камайтиради ва ўз навбатида ГАЭС ларни бутунлай оқлайди.

Аккумуляторларникидек бўлгани каби ГАЭС ларда ҳам энергияни аккумуляциялаш қўйидаги формула орқали топилади:

$$W = mgh \text{ (Дж)}$$

бу ерда, m - юқори сув омборидаги ишлатилган сувнинг оғирлиги, кг

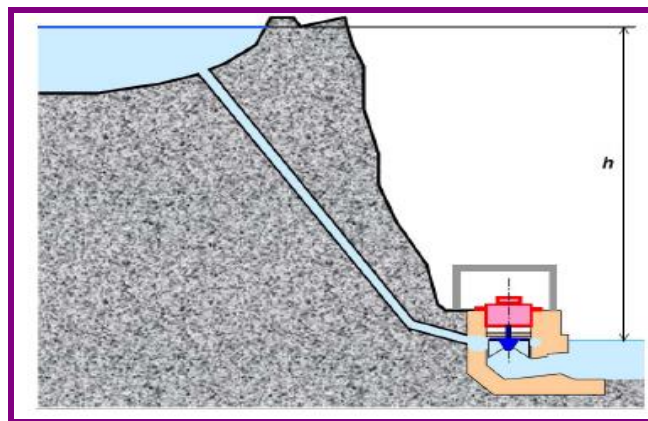
g - оғирликни тездашиши, m/c^2 ($g=9.81 m/c^2$)

h - ГАЭС нинг генератор режимидаги сувнинг ўртача босими.

Солиштирма аккумуляцияловчи қобилияти қўйидагича аниқланади:

$$w = \frac{W}{m} = gh$$

50÷500 м босимдаги, сувнинг таркибидаги солиштирма энергия миқдори $w = (0.5 \div 50)$ кДж/кг ёки (0,14÷14) кВт·с/кг. Катта ГАЭС ларнинг сув омбори 1÷10 ГВт·с миқдордаги энергияни аккумуляциялаши мумкин.



4.6б- расм. Гидроаккумуляцияловчи электр станциянинг тузилиши.

Бутун дунёда 300 дан ортиқ ГАЭС лар мавжуд.

АҚШдаги Bath County гидроаккумуляцион электр станциясининг параметрлари куйида келтирилган¹²:

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Қуввати | 2100 МВт |
| 2. Ишга туширилган йили | 1985 йил, декабр |
| 3. Қуришга сарфланган маблағ | 1,7 млрд. \$ (ёки 810 \$/кВт) |
| 4. Қуйи тўғон | баланлиги 41 м; узунлиги 732 м. |
| 5. Қуйи сув омбори | юзаси 2,25 кв. км; ҳажми 3,1 млн. куб. м;
сув сатҳининг тебраниш диапазони 18 м. |
| 6. Юқори тўғон | баланлиги 140 м; узунлиги 671 м. |
| 7. Юқори сув омбори | юзаси 1,27 кв. км; ҳажми 13,8 млн. куб. м;
сув сатҳининг тебраниш диапазони 32 м. |

ГАЭСларда сувни қуйи омбордан юқори омборга ҳайдаш ва сўнгра уни тескари йўналишда оқизиб, электр энергияси ишлаб чиқаришда умумий самарадорлик 100% бўлмайди¹³. Бошқача айтганимизда сувни юқорига ҳайдашда сарфланган энергия, уни тескари томонга оқизишда ишлаб чиқарилган электр энергияда тўла қийтариб олинмайди. Чунки, бу ерда қувурлардаги турбулентлик, уларнинг қаршилиги, насос ва генераторда энергия исрофи юз беради. Ушбу исрофлар

¹² Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011. p. 53-54.

¹³ Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011. p. 54-55.

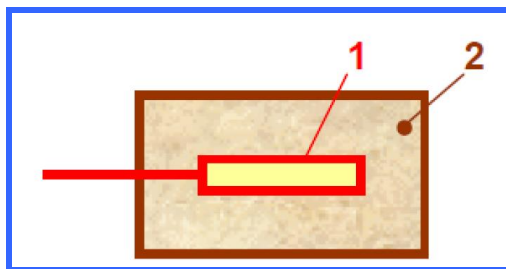
этиборга олинганда ГАЭСнинг умумий самарадорлиги унинг конструктив характеристикаларига боғлиқ ҳолда 70-80% оралиғида бўлади. Масалан, агар ГАЭСнинг самарадорлиги 80% бўлса, бу сақланган ҳар 10 бирлик энергия талаб этилганда 8 бирлик энергияни қайтариб беради деб тушуниш мумкин. 5.1-жадвалда 70- йилларнинг охирида қурилган ГАЭСларнинг умумий цикл бўйича самарадорлиги келтирилган.

5.1- жадвал. ГАЭСнинг бутун цикл бўйича самарадорлиги

Самарадорликнинг ташкил этувчилари	Қуйи қиймати, %	Юқори қиймати, %
<i>Генерациялаш режимида</i>		
Сув қувурлари	97,4	98,5
Насос-турбина	91,5	92,0
Генератор-мотор	98,5	99,0
Трансформатор	99,5	99,7
<i>Насос режимида</i>		
Сув қувурлар	97,6	98,5
Насос-турбина	91,6	92,0
Генератор-мотор	98,7	99,0
Трансформатор	99,5	99,8
Умумий	87,80	90,02
Цикл бўйича натижавий	75,15	80,15

3.4. Иссиқликни аккумуляциялаш.

Иссиқликни аккумуляциялаш нисбатан содда. Бунда каттиқ ёки суюқ жисмларни қизитиш орқали эришилади. Бундай аккумуляторларда иссиқликни йиғиш табиий ёки мажбурий, нурлантириши ёки бирор бир иссиқлик ташувчи орқали эришиш мумкин. Содда иссиқлик аккумуляторининг тузулиши 4.7- расмда кўрсатилган.



4.7- расм. Иссиқлик аккумуляторнинг тузилиш принципи. 1- электр ёки бошқа иситгич, 2- иссиқликни аккумуляцияловчи модда.

Аккумуляцияловчи иссиқлик қиймати қўйидаги формула орқали аниқланади:

$W = mc(v_2 - v_1)$, W – аккумуляцияловчи иссиқлик, Дж; m – аккумуляцияловчи модданинг оғирлиги, кг; c – аккумуляцияловчи модданинг солиштира иссиқлик сифими, Дж/(кг К); v_2 – иссиқликни охириги (чегаравий) температураси, °С; v_1 – иссиқликни бошланғич температураси ёки совитишнинг чегаравий температураси, °С.

Солиштира аккумуляция қобилияти шундай қилиб:

$$w = W/m = c(v_2 - v_1).$$

Иссиқликни энг яхши аккумуляцияловчи модда бири сув ҳисобланади, унинг арзон нарх, атроф мухити безарарлиги ҳамда катта солиштира иссиқлик сифими (4,2 кДж / (кг К)) туфайли. Аммо атмосфера босимида сувни қайнатишини хавотирланишсизда фақат 95°С температурагача иситиш мумкин, агар совитиш охиридаги температурасини мисол учун 45°С қабул қилсак унда

$$w = 4,2(95 - 45) \approx 200 \text{ кДж/кг} \approx 60 \text{ Вт} \cdot \text{соат/кг}.$$

Иссиқликни аккумуляция қилиш учун металлар, табиий ва суъний тош хиллари, кимёвий бирикмалар билан фойдаланса бўлади. Уларнинг солиштира иссиқлик сифими сувга қараганда камроқ ва одатда 0,5 кДж/(кг К) миқдордан 2 кДж/(кг К) миқдоргача, аммо уларни каттароқ температурагача иситиш мумкин (мисол учун 750 °С гача). Шунақа моддаларнинг солиштира аккумуляцияловчи қобилияти, солиштира иссиқлик сифими ва мумкин бўлган иситиш температурасига қараб, одатда 50 Вт·соат/кг дан 400 Вт·соат/кг гача бўлади. Электр аккумуляцияловчи иситиш ускуналарда аккумуляцияловчи модда сифатида магнезит ишлатилади (тош породаси, асосан магний оксиди таркибида), солиштира

иссиқлик сифими $1,3 \text{ кДж} / (\text{кг К})$ га тенг, унинг зичлиги 3500 кг/м^3 ва иссиқбардоши $2000 \text{ }^\circ\text{С}$. Унинг иситиш температураси, иссиқлик сифимини ва иссиқлик аккумулятордаги материалларнинг мумкин бўлган температурасини ҳисобга олганда, одатда $800 \text{ }^\circ\text{С}$ дан ошмиди, чегаравий совитиш температураси $v_1=150 \text{ }^\circ\text{С}$ бўлса, $230 \text{ Вт}\cdot\text{соат/кг}$ солиштирма қобилятини беради.

Бир қанча материалларнинг эритиш иссиқлиги эффектив аккумуляцияланади. Бу ҳолда аккумуляцияловчи энергияси қуйидаги формула бўйича топилади $W=m[c_1(v_s-v_1)+C+c_s(v_2-v_s)]$, W – аккумуляцияланган энергия, Дж; m – аккумуляцияловчи модданинг оғирлиги, кг; c_1 – қаттиқ ҳолатидаги солиштирма иссиқлик сифими Дж / (кг К); c_s – суюқлик ҳолатидаги иссиқлик сифими Дж / (кг К); v_s – эритиш температураси $^\circ\text{С}$; v_2 – иситиш температураси $^\circ\text{С}$. Тез-тез ушбу мақсадда натрийнинг гидроокиси фойдалилади (NaOH , каустик содаси, аччик натр), солиштирма иссиқлик сифими $c_1 \approx c_2 \approx 2,1 \text{ кДж} / (\text{кг К})$, эритиш иссиқлиги $C=180 \text{ кДж/кг}$ ва эритиш температураси $v_s=322 \text{ }^\circ\text{С}$. $600 \text{ }^\circ\text{С}$ гача қизиганда ва 150°С гача совитишда унинг солиштирма аккумуляцияловчи қобиляти $310 \text{ Вт}\cdot\text{соат/кг}$ га тенг. Агар натрий фторидлар, магний ва литий билан фойдаланиб, ундан ҳам катта аккумуляцияловчи қобилятига $600 \text{ Вт}\cdot\text{соат/кг}$ гача эришиш мумкин.

Иссиқликни аккумуляциялашда печли исситиш асосланган, бунда аккумуляцияловчи модда сифатида печнинг материаллар (олов бардошланган ғиш, кафел ғиш, керамик плиткалар ва бошқалар). Иссиқликни аккумуляциялаш электр иситишида фойдаланилиши маъкул, шу мақсадда электр иситгичлар фойдалиналиши мумкин, ҳамда биноларнинг қурилиш конструкциялар, олдинига пол ва қаватлараро бостирмалар.

Электр станцияларида иссиқликни катта миқдорда аккумуляциялаш мақсадга мувофиқдир, масалан:

1) қизиган буғ аккумуляторлари, булар турбогенераторнинг юкламаси вақт бўйича жуда нотекис бўлганда, қозон ва турбина ўртасидаги қизиган буғ исрофларини текислаш учун хизмат қилади;

2) иссиқлик электр марказларидаги (ИЭМ) иссиқ сув аккумуляторлари, булар иссиқлик истеъмолидаги кунлик тебранишларда иссиқлик электр марказларидаги (ИЭМ) юкламани текис таъминлаш учун хизмат қилади;

Электр энергиясини аккумуляциялаш усуллари.

Бугунги кунда кимёвий энергияни аккумуляциялаш қурилмалари (батареялар) ва электрохимик конденсаторлар электр энергияни аккумуляциялашда етакчи ўринни эгаллайди¹⁴. Уларнинг ҳар иккаласи электрокимёга асосланган бўлиб, улар орасидаги фарқ энергиянинг сақланишида. Батареяларда энергия кимёвий реактивларда заряд ишлаб чиқарувчи сифатида сақланса, электрокимёвий конденсаторларда бевосита заряд сифатида сақланади. Электрокимёвий конденсаторлар электр энергияни катта миқдорда сақлай оладиган келажакда асосий аккумуляторлардан бири бўлиши башорат қилинаётган бўлсада, ҳозирги даврда уларда энергия зичлиги катта энергия аккумуляторлари сифатида фойдаланиш учун ўйлаб кўриладиган даражада жуда паст ҳисобланади.

Электр энергия қуйидагича аккумуляцияланиши мумкин:

- 1) конденсаторларда (энергияни энергетик майдон кўринишида)
- 2) индуктив ўрамларда (магнит майдон кўринишида)
- 3) бирламчи ва иккиламчи гальваник элементларда (химик энергия кўринишида)

Ҳозирги даврда электр энергиясини аккумуляциялашда кенг фойдаланилувчи қуйидаги типдаги аккумуляторлар мавжуд:

1. Кургошинли-кислотали аккумуляторлар;
2. Натрий-сульфат аккумуляторлари;
3. Литий – Ион аккумуляторлари;
4. Ванадий оксидли аккумуляторлари.

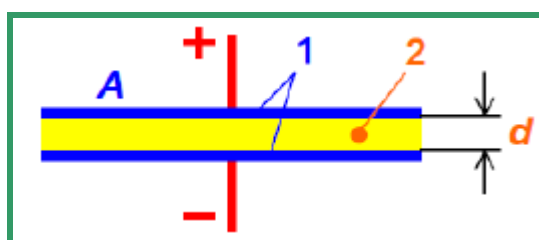
¹⁴ Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011.p. 154.

Тўрт хил иккиламчи батарея тизимларининг миқдорий кўрсаткичларини солиштириш 5.2- жадвалда келтирилган¹⁵.

5.2- жадвал. Иккиламчи батарея тизимларининг миқдорий кўрсаткичлари.

	Lead-Acid	NaS	Li Ion	Vanadium Redox
<i>Chemistry:</i>				
Anode	Pb	Na	C	V ²⁺ ↔ V ³⁺
Cathode	PbO ₂	S	LiCoO ₂	V ³⁺ ↔ V ⁴⁺
Electrolyte	H ₂ SO ₄	β-alumina	Organic solvent	H ₂ SO ₄
<i>Cell voltage:</i>				
Open circuit	2.1	2.1	4.1	1.2
Operating	2.0 to 1.8	2.0 to 1.8	4.0 to 3.0	
<i>Specific energy and energy density:</i>				
Wh/kg	10 to 35	133 to 202	150	20 to 30
Wh/L	50 to 90	285 to 345	400	30
Discharge profile	Flat	Flat	Sloping	Flat
Specific power (W/kg)	Moderate 35 to 50	High 36 to 60	Moderate 80 to 130	High 110
Cycle life (cycles)	200 to 700	2,500 to 4,500	1,000	12,000
Advantages	Low cost, good high rate	Potential low cost, high cycle life, high energy, good power density, high efficiency	High specific energy and energy density, low self discharge, long cycle life	High energy, efficiency, and charge rate, low replacement cost
Limitations	Limited energy density, hydrogen evolution	Thermal management, safety, seal and freeze-thaw durabilities	Lower rate (compared to aqueous systems)	Cross mixing of electrolytes

Содда конденсаторнинг тузилиши 4.8- расмда кўрсатилган.



4.8-расм. Ясси конденсаторнинг тузилиш тамоили: 1-қопламаси, 2-диэлектрик.

Бундай аккумуляторнинг сифими қўйидаги формула орқали аниқланади:

$$C = \epsilon \frac{A}{d},$$

¹⁵ Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011.p. 155-156.

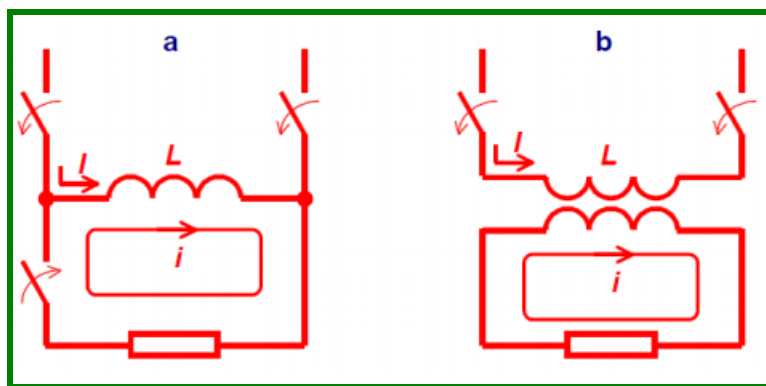
бу ерда, C - конденсатор сифими, Φ ; A -қоплама майдони, m^2 ; d -диэлектрикнинг қалинлиги, m ; ϵ - диэлектрик ўтказувчанлик, Φ/m .

Конденсаторда захирананган энергия кўйидаги формула орқали аниқланади:

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

Бу ерда, W - захирананган энергия, Дж; C -конденсаторнинг сифими, Φ ; U - конденсаторга берилган кучланиш, В.

4.9а – расмда электр қабул қилгич индуктив ғалтакга уланиши ва бир вақтнинг ўзида чулғам манбаси ўзгармас ток манбаидан ажралиш ҳолати кўрсатилган. Бундай амаллар, хусусан, ўткинчи жараён пайтида хавфли ўтақучланиш пайдо бўлмаслиги сабабли, электр машинанинг кўзғатиш чулғами ажралгандаги магнит майдонни сўндириш учун фойдаланилади. 4.9б- расмда индуктив ғалтак магнит майдонида тўпланган, ғалтак таъминловчи манбаадан ажралгандаги, ғалтакнинг иккиламчи чулғами орқали электр қабул қилгич занжирига энергия узатилиши кўрсатилган. Иккиламчи занжирда электр энергияси бошқа энергия кўринишида (масалан, иссиқлик ёки механик энергия) бўлиши мумкин.



4.9- расм. Индуктив ғалтакда тўпланган, ғалтак орқали электр қабул қилгичга кетма-кет улаш ёки ғалтакни узишдаги ҳолат (а), иккиламчи чулғам билан таъминланган ҳолат (б).

I - ғалтак чулғамида оқувчи доимий ток, L - индуктивлик, i – электр қабул қилгичдаги токнинг сўнувчи импульси.

Индуктив ғалтакдаги тўпланувчи энергия маълум формула орқали ифодаланилади:

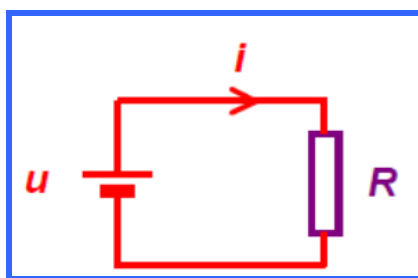
$$W = L \cdot \frac{I^2}{2}$$

Бу ерда W – тўпланган энергия, Дж; L - ғалтак индуктивлиги, Гн; I – ғалтакда оқувчи ток, А.

Индуктив ғалтакдаги тўпланувчи солиштирма энергия одатда ниҳоятда кам (0,1...1) Дж/кг, ёки (0,03...0,3) мВт/кг бўлади. Фақатгина етарлича фойдаланиш учун, масалан, электр юкламалари тез ўзгаришига дучор бўлган энергия тизимларда ўтаўтказувчан индуктив ғалтак чулғамида энергия тўплаш мумкин.

Агар индуктив ғалтак чулғами ўтаўтказувчан бўлмаса у ҳолда ток оқими магнит оқимни ушлаб туриш учун зарур бўлган, ғалтакнинг захираланган магнит майдонидаги энергияни оширувчи истофлар билан кузатилади.

Бирламчи гальваник элементларнинг ишлаш принципи бир биридан фарқланувчи моддалар электродлари орасида пайдо бўлувчи, улар орасида жойлашган электролитлар билан электрохимик реакцияга киришувчи ЭЮКдан фойдаланишга асосланган. Бунда эришилган электр энергия ростловчи моддалар сони билан аниқланади ва характерланади.



4.10- расм. R юклама қаршиликли гальваник элементнинг уланиш схемаси.

i -юклама токи, -лемент қисқичларидаги кучланиш.

Разряд пайтида хосил бўладиган энергия, аккумуляцияловчи элементнинг қобилиятига тенг деб қараш мумкин, у қуйдаги формула орқали аниқланиши мумкин $W = \int u i dt$, бу ерда u – “В” элементининг қисмаларидаги кучланиш, i – юклама токи (А), t – вақт (соат), W хосил бўладиган қувват (Вт)

Мисол сифатида Расм 4.11 да кенг қўлланиладиган кўмир-рухли бирламчи элементни ишлаш принципи кўрсатилган. Ташқи занжир берк бўлганда элементда куйдаги кимёвий жараёнлар содир бўлади, уларнинг натижасида

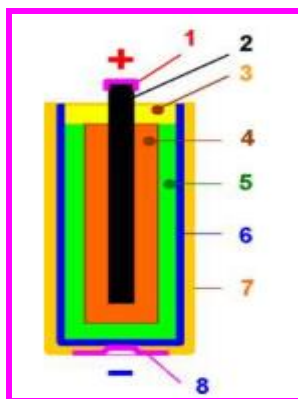
- анодда рух атомлари эрийди, иккита электронни беради ва электролитга хлорли-аммоний рухга бирикади,

- катодда двуокись марганец MnO_2 уч валентлик окись марганецга ўтади Mn_2O_3 .

Графит ўзак ва двуокись марганец чегарасида водородли қатлам пайдо бўлади, у элементнинг ички қаршилигини оширади ва у ЭЮКни камайтиради.

Кўмир-рухли бирламчи элементни бошланғич ЭЮКси тахминан 1,5 Вольтни, бирлик энергия массасига 0.8 Вгача разрядланганда одатда 60-80 Вт*с/кг ораликда бўлади.

Гальваник элементларда кимёвий реакциялар ташқи занжир уланмаган бўлса ҳам кузатиб турилади. Бундай жараён ўз-ўзидан разрядланиш деб аталади, кўмир-рухли бирламчи элементи тахминан 1.5 йилда тўлиқ разрядланади.



4.11- расм. Кўмир-рух қурилмали бирламчи элементнинг ишлаш принципи.

1 контакт қалпоқча(мисол учун, латунли), 2 графит ўзак, 3 изоляция, 4 катод(марганец икки окиси), 5 электролит(аммоний хлорид пастаси), 6 анод(стакан кўринишидаги рух), 7 изоляцияли қобик, 8 остки контакт халқа(мисол учун латунли)

Бирламчи элементлардан электролит сифатида кўмир-рухларга нисбатан ишқорли марганец-рухлилари самаралироқ ҳисобланади ва уларда калий гидроксиди қўлланилади. Ташқи кўринишидан бундай элемент кўмир-рухга ўхшаш, лекин уни

қобиғи металлдан тайёрланган ва мусбат қутбга уланган; ундан ташқари, графитли ўзак ўрнига латун қўлланилади. Бошланғич ЭЮК шунингдек 1,5 В га тенг, лекин солиштирма энерго сифими кўпроқ-одатда 120 дан 130 Вт*ч/кг.

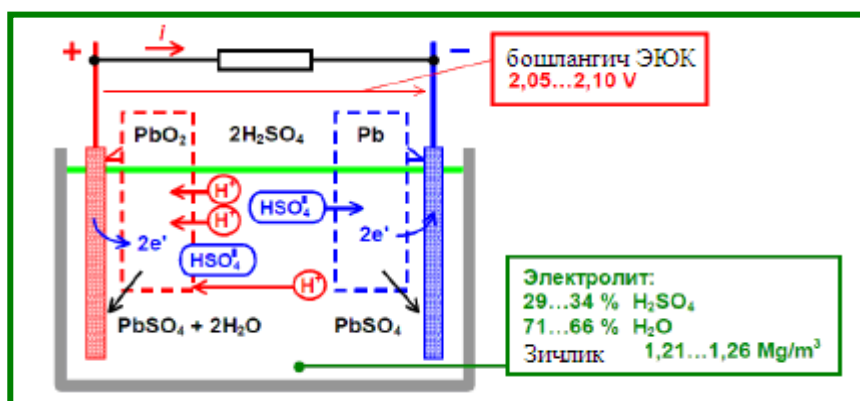
Энергия янада самаралироқ бошланғич ЭЮК си 3 га тенг бўлган литийли бирламчи элементларда сақланиши мумкин, солиштирма тўплаш имконияти эса аниқ турларига боғлиқ бўлган ҳолда 250 дан 600 Вт*ч/кг гача бўлади. Бу элементларда 10 дан ортиқ турли хил катод материаллари қўлланилмоқда ва улар ҳам цилиндрсимон, ҳам диск кўринишида тайёрланади. Кичиклаштирилган дискли элементлар, хусусан, кўл соатларида, чўнтак калькуляторларида, ўчмайдиған видеокамера тармоқларида ва бошқа микроэлектрон қурилмаларида кенг қўлланилмоқда.

Шунингдек бошқа бирламчи элементлар ҳам мавжуд, масалан, симоб-рухли (улар ҳозирги вақтда симобнинг ташқи муҳитга чиқиб кетиш хавфи булганлиги учун қўлланилмайди), кумуш-рухли ва бошқалар. Улар ҳам юқори тўплаш имконияти билан тавсифланади, лекин ўта махсус соҳаларда қўлланилади.

Гальваник элементлар талаб қилинган кучланиш ва сифимда батарея кўринишида кетма-кет, параллел ёки аралаш уланади. Масалан, 9 В кучланишли, 6 та кўмир-рух ёки марганец-рухли элементлардан тузилган кичик компакт батареялар жуда кенг қўлланилади.

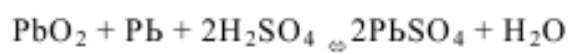
Иккиламчи гальваник элемент ёки аккумулятор разрядлангандан сўнг, аниқ турига боғлиқ ҳолда, бир неча 10 дан бир неча 1000 гача қайта зарядлаш мумкин. Қўрғошинли (кислотали) аккумулятор жуда кенг тарқалганлардан бири ҳисобланиб, уни тузилиш принципи 4.12-расмда кўрсатилган.

Расм. 4.12. Қўрғошинли аккумулятор тузилиш принципи ва разрядланиш жараёнини электрохимёвий схемаси



Бундай аккумуляторнинг зарядланган ҳолати аноди(манфий электрод) кўрғошиндан, катод(мусбат электрод)и эса, кўрғошин икки оксидан PbO₂ иборат¹⁶. Иккала электрод ҳам электролит билан таъсирлашиш юзаси катта бўлиши учун серғовак қилиб тайёрланган. Электродларнинг конструктив тузилиши уларнинг фойдаланилиши ва аккумулятор сиғимига қараб турлича бўлиши мумкин.

Аккумуляторнинг зарядланиш ва разрядланиш кимёвий реакцияси қуйидаги формулада келтирилган:

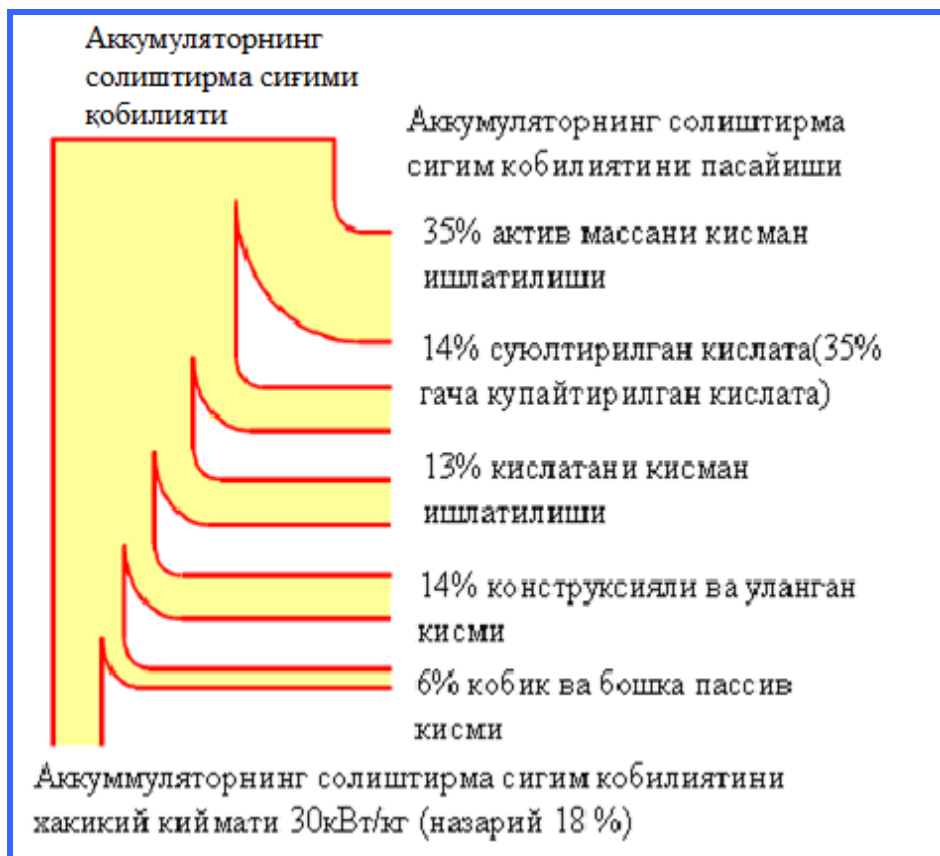


Аккумуляторни зарядлаш учун назария бўйича 167 Вт/кг энергия керак бўлади. Бундан келиб чиқадики, солиштира тўплаш имконияти чегараси ҳам шу сонга тенг.

Бироқ ҳақиқий зарядлаш қобилияти кичик, шуниси маълумки аккумуляторнинг зарядлашда одатда тахминан 30 Вт/кг электр энергия олинади.

4.13- расмда аккумулятсияловчи қобилияти пасайиши кўрсатилган. Аккумуляторнинг ФИК (зарядлаш пайтидаги энергиянинг ҳолатини зарядлашга кетган энергия) одатда 70 % дан 80 % гача ташкил этади.

¹⁶Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011.p. 157-158



4.13- расм. Қурғошинли аккумуляторнинг ҳақиқий ва назарий солиштирма сифим қобилияти.

Турли махсус усуллар (кислота миқдорини ошириши 39%, мис ва пластмасса конструкция қисимларини улаш орқали) сўнги вақтларда солиштирма сифим қобилиятини 40 Вт·с/кг ва ундан юқори.

Юқорида келтирилган маълумотлар шуни кўрсатадики, қурғошинли аккумуляторнинг солиштирма сифим қобилияти (ундан ташқари кейинчалик кўрсатиладиган бошқа турдаги аккумулятор турлари) амалда кичик, бирламчи галваник элементга нисбатан. Лекин бу камчилик одатда компетсацияланади.

- кўп маротабалик зарядлаш имконияти, тахминан аккумулятордан олинadиган электр энергия нархини 10 марта арзонлаштиради.
- аккумулятор батареясини катта ҳажмда энергосифимини ташкил қилиш (ехтиёжга кўра 100 МВт·с)

Қурғошинли аккумуляторни ФИК электролитни зичлигига боғлиқ ва у экспериментал формула орқали топилади:

$$E = 0,84 + \gamma,$$

Бу ерда E – ФИК В,

γ – электролит зичлиги кг/м^3

формулага асосан аккумуляторни бошланғич ФИК, аниқ турига боғлиқ ва $2.05 \div 2.1$ в оралиғида бўлади. Аккумулятор қисқичларидаги кучланиш разряд охирида 1.7 в гача пасайиши заряд охирида 2.6 в га кўтарилиши мумкин (4.14-расм)



4.14- расм. Қўрғошинли аккумуляторни кучланишини турли заряд ва разрядда ўлчаш.

Ҳар заряд-разряд циклида электродларни такрорланмас жараёнлари кузатилади, шу билан бирга электродга қайта тикланмас қўрғошинли олтингутурт кислотасини аста томизилади. Шу сабабли аккумулятор сиклларини сонини аниқлаш яхши зарядлаш қобилиятини ёқотади (одатда тахминан 1000).

Бу аккумуляторни узоқ вақт ишлатилмаслигида содир бўлади, шунингдек электрохимий разрядлаш жараёни (аста ўз-ўзини разрядлаш) аккумулятордан ўқиб ўтади қачонки у ташқи электр занжирга уланмаган бўлса.

Қўрғошинли аккумулятор сутка давомида умумий зарядининг 0,5 % дан 1 % гача қисмини ўзини-ўзи разряд қилиш ҳисобига йўқотади. Бу жараённи компенсация қилиш учун қурилмада керакли турғун кучланишда ўзгармас нимзаряд қўлланилади (аккумуляторларнинг типидан келиб чиқиб, кучланиши 2,15 В дан 2,20 В гача).

Бошқа қайтимсиз жараён сувнинг электролизи бўлиб (аккумуляторнинг «қайнаши»), зарядланиш жараёни охирида ҳосил бўлади. Сув исрофини қайта

тўлдириш орқали қоплаш мумкин, аммо ажралиб чиқаётган водород, ҳаво билан бирга аккумулятор ичида ёки қисмида портловчи аралашмани вужудга келтиради. Портлаш хавфидан холос бўлиш учун, мос ишончли вентиляция қўйиш назарда тутилади.

Оҳирги 20 йилликда суяқ бўлмаган шилимшоқсимон (желе) электролитли герметик ёпиқ қўрғошинли аккумуляторлар пайдо бўлди. Бундай аккумуляторларни хоҳлаган вазиятларда ўрнатиш мумкин. Бундан ташқари, зарядланиш вақтида ўлар водород ажратиб чиқармаганлиги учун ҳархил биноларга жойлаштириш мумкин.

Қўрғошинли аккумулятордан ташқари, ҳархил электрохимик тизимга асосланган 50 хилдан ортиқ тури ишлаб чиқарилади. Электр қурилмаларда ишқор (электролит билан бирга, калий гидроксидли КОН) никел-темирли ва никел-кадмили, ЭЮК 1,35 В дан 1,45 В гача ва нисбий аккумуляция қобилияти 15 Втс/кг дан 45 Втс/кг гача бўлган аккумуляторлардан жуда кенг фойдаланилади. Улар атроф муҳит ҳароратига ва ишлатиш қоидаларига кам сезгир. Улар яна узоқ хизмат кўрсатиш хусуиятига эга (одатда заряд-разряд цикли 1000 дан 4000 гача), аммо, разрядланиш вақтида уларнинг кучланиши қўрғошинли аккумуляторларга нисбатан кенг чегарада ўзгаради ва ф.и.к ҳам анча кичик (50 % дан 70 % гача).

Аккумулятор батареялари дастлаб (19- асрнинг иккинчи ярмидан бошлаб) силжитиш воситаларида қўлланилиб бошлади. Бунда аккумулятордан истеъмол қилинадиган электр юритма ички ёнув двигателлерига нисбатан анча афзалликларга эга эди. Масалан:

- тортувчи двигателнинг (ёки двигателларнинг) бир қанча оддий ва ихчам конструкцияланишига,
- қўпдвигателли юритмаларни қўллаш имконияти (ҳар бир ғилдиракни алоҳида двигател билан таъминлаш орқали),
- юритманинг юқори ф.и.к (80 % дан 90 % гача),
- редуктор қўлламасдан, барча рухсат этилган ораликларда тезликни силлик ростлаш,
- махсус ишга тушириш тизимининг йўқлиги (аккумулятор ва стартер),

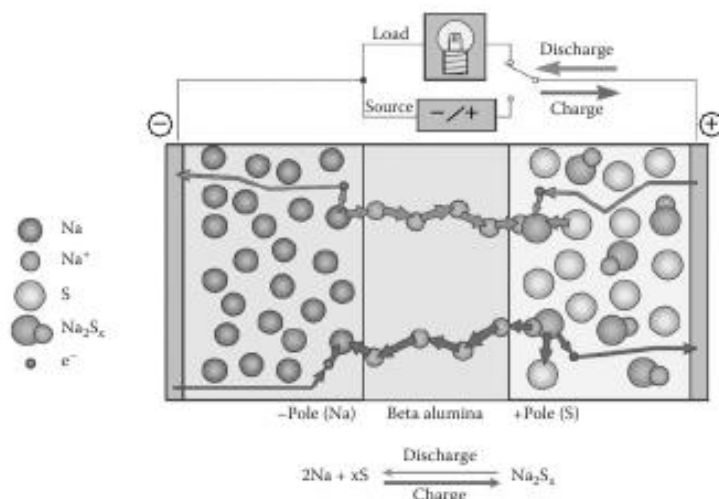
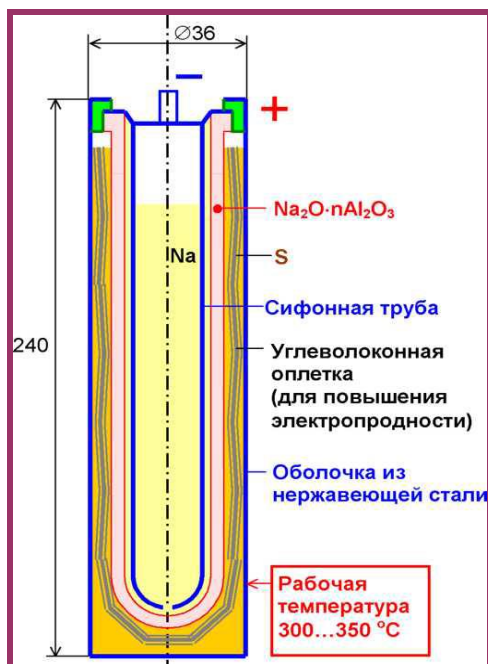
- торможланиш вақтида энергия аккумуляция қилиш имкони,
- автоматлаштирилган бошқариш тизимлари ва ростлашни оддий қўллаш имкони (яна симсиз тизимни),
- юритманинг анча юқори ишончилиги ва хизмат кўрсатиш муддатини узоклиги,
- Олик ҳисобига),
- атроф муҳитга зарарли таъсир қилувчи ишлатилган газлар бошқа чиқиндиларнинг бўлмаслиги,
- қўшимча энергия манбаларнинг бўлмаслиги (масалан, генератор),
- шовқинсиз,

Силжитиш воситасида (автомобилларда, кемаларда, поездларда ва ҳ.) кўрғошинли аккумуляторларни ишлатиш нисбатан массаси катта бўлгани учун, одатда ички ёнув двигтелларининг массаси ошиши ҳисобига уларни қўллаш қийинлик туғдиради. Туғри келадиган оғирликда эса, зарядтан кейин жуда кичик ораликга ҳаракатланади (одатда тахминан 100 км).

Заряд (одатда 100 км).

1960- йилларда Форд мотор компанияси β-алюминий га асосланган (β- Al_2O_3) олтингугурт-сульфид қаттиқ электролитли батареяларини ишлаб чиқариш устида тадқиқотларга кредит ажратди¹⁷. Бундай батарея ячайкасининг тузилмаси ва ва мос NaS ячайкасининг электрохимёвий рекация жараёнининг тузилиши 4.15- расмда тасвирланган. Бу мақсадлар учун, масалан, ЭЮК 2 В дан 2,1 В оралиғида бўлган натрий-олтингугурт батарея, ва назарий хос хотира ҳажми 1,29 кВт*с / кг га тенг бўлган аккумуляторлар ишлаб чиқилган. Уларда сақлаш имкониятлари кўрғошинли аккумуляторлардагига нисбатан деярли икки марта катта бўлиб, 80 Вт*с / кг ташкил этди.

¹⁷ Large energy storage systems handbook./ Edited by Frank S. Barnes, Jonah G. Levine. CRC Press Taylor and Francos Group. NW. 2011. p.158-159



4.15- расм. Натрий-сульфит батареянинг қурилма тамойили. Натрий сульфидни шакллантириш пайтида, натрий ионлари олтингурут иони билан мембрана орқали кириб алмашади ва унга боғланади.

Олтингурут (119⁰С бошланғич эриш нуқтаси) ва натрий (98 ⁰С эриш нуқтаси), аккумуляторлардан бир эриган ҳолатда бўлиши керак ва эриган олтингурут етарлича яхши натрий сўлфиди (1180 ⁰С эриш нуқтаси), батарея иш ҳарорати эриган бўлиши керак яъни бу 300 ⁰С дан 350 ⁰С оралиғида бўлиши керак. Қўрғошинли аккумуляторлар нисбатан Бироқ, бу қобилиятлар, бартараф этилади.

юқори ўзига хос сақлаш даражаси

қуввати кичик,

узоқ хизмат муддати (1500 заряд-зарядсизлашдан)

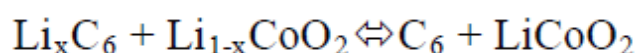
ўз-ўзини разряди ҳодисанинг тўлиқ йўқлиги ,

зарядлаш ишончсизлик

Батарея герметик ва ҳар қандай ҳолатда ўрнатилган бўлиши мумкин. Унинг самарадорлиги тахминан (75% дан 80% гача) кўрғошин батарея бир хил бўлади. Аккумулятор батареянинг сифими 17-расмда кўрилган, 42А*с, ва вазни 0,4 кг.

Юқори оператсион ҳарорат натрий-олтингугурт батарея ишлатишдан олдин самарали иссиқлик изолятсия ва олдиндан иситиш талаб қилади. Шу сабабларга кўра, батарея бу турдаги аккумулятор қўллаш топилмади. Аккумулятор воситалари учун янада ривожланиш 1998- йилда пайдо бўлди никел металл гидрит ва литий-ион кучи батарея, муҳрланган деб ҳисобланади (шундай батарея кичик электр истеъмолчилар етказиб бериш бўйича ишлаб чиқарилди олдин - Уяли телефонлар, камералар, кичик компьютер, ва ҳоказо). батареялар ҳар икки турдаги нормал ҳароратларда амалга оширилмоқда. никел металл гидрит элементи эюК 1,25 В ва ўзига хос хотира ҳажми 60 дан 120 ВтСоат/кг оралиғида, лекин айни пайтда литий-ион элементларни олиб келиши алоҳида қизиқиш қайси бу параметрларни оралиғида навбатида 3,6 дан 3,7 В гача ва 100 дан 200 Вт*с / кг.

Литий-ионли аккумулятор аноди углероддан ташкил топган бўлади, таркибида зарядланган карбид литийнинг Li_xC_6 зарядланган таркибидан, катода эса литий ва кобальт оксидан ташкил топган бўлади. Электролит сифатида эса суюқ органик эритмага (масалан эфирга) эритилган ҳолда, каттик тузли литий қўлланилади ($LiPF_6$ $LiBF_4$ $LiClO_4$ ва бошқалар). Электролитга одатга қуюлтиргич қўшилади (масалан, кремний органик бирикма), шунинг учун ҳам у каттик кўришни эгаллайди. Разрядланиш ва зарядланишда электромеханик реакциялар қуйидаги формула бўйича литий ионларининг бир электродидан бошқа электродга ўтиши билан яқунланади.



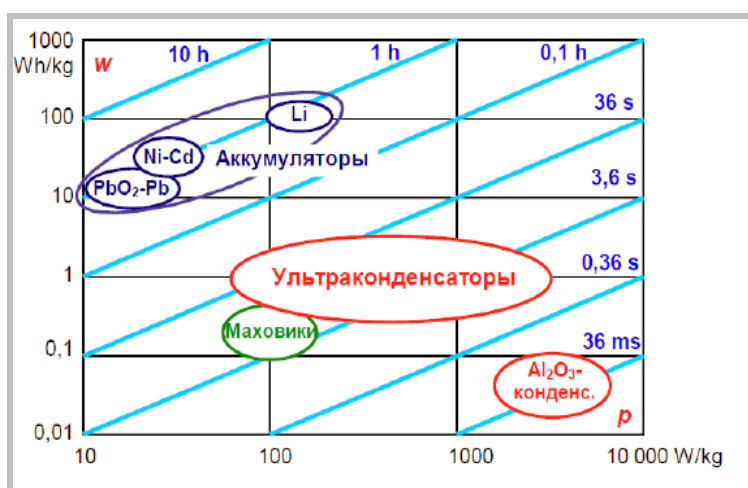
Литий ионли аккумулятор элементларининг ташки формаси (тўртбурчак пластинага ўхшаш)ясси ёки цилиндрик (рулонли электрод) кўринишда бўлиши мумкин. Аноди ва катода бошқа материаллардан тайёрланган аккумуляторлар

хам ишлаб чиқарилади. Тез зарядланадиган аккумуляторлар асосий ривожланиш йўналишларидан бири саналмоқда.

Кўпгина бошқа турдаги аккумуляторлар ҳам мавжуд (100 га яқин).

Масалан, қурилмаларнинг массаси иложи борича камайтираладиган, самолётларнинг электр таъминоти тизимида, ўртача $100 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}$ солиштирма аккумуляциялаш хусусиятига эга бўлган кумуш-рухли аккумуляторларни қўллаш ўйлаб топилган. Энг юқори ЭЮК (6.1 В) ва энг юқори солиштирма аккумуляциялаш хусусиятига ($6270 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}$) фтор-литий аккумуляторлар эга, бироқ уларни ишлаб чиқариш серияси хозирча йўқ.

Бирламчи галваник элементлар узоқ муддатли ишлаш режимига жуда мос тушади, аккумуляторларни эса узоқ муддатли иш режимига ҳам қисқа муддатли ва силтанувчи юкларга ҳам қўлланилади. Конденсаторлар ва индуктив ғалтаклар, асосан импульсли юкларни ва юкларни тез ўзгарадганда қувватни тўғрилаш учун қўлланилади. Энерготизимга қувват узатувчи шамол ва қуёш электростанцияларида қувватларни тўғрилашда, ултраконденсаторли аккумулятор комбинацияси қўлланилиши мумкин. Бир неча аккумуляцияловчи қурилмаларнинг юклар узунлиги ва узатиладиган қувват бўйича қўлланиш ҳудуди характеристикаси 4.16- расмда келтирилган.



4.16- расм. Бир неча аккумуляцияловчи қурилмаларнинг (келтирилган)

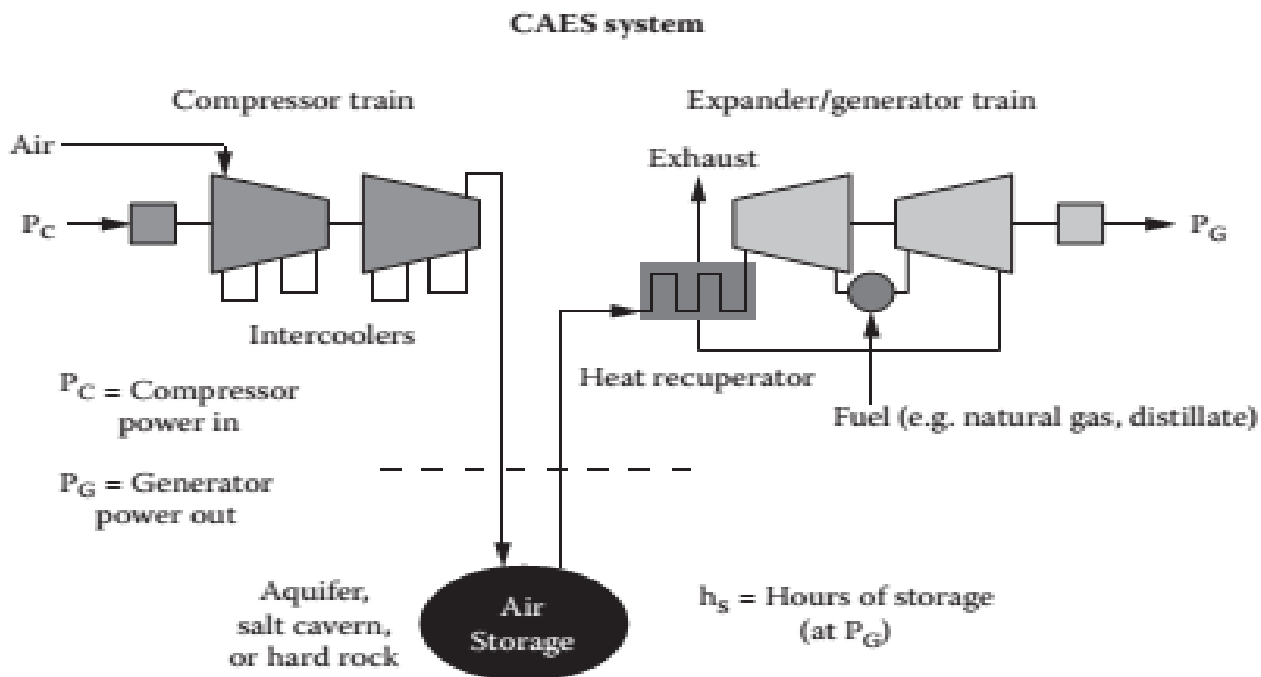
солиштирма аккумуляциялаш хусусияти ва солиштирма қувватининг чегараси.

Кенг тарқалган электр аккумуляторларининг турлари:

1. Кургошинли-кислотали аккумуляторлар;
2. Натрий-сульфат аккумуляторлари;

3. Литий – Ион аккумуляторлари;
4. Ванадий оксидли аккумуляторлари.

Ҳаво аккумуляцион электр станциясининг принципиал схемаси



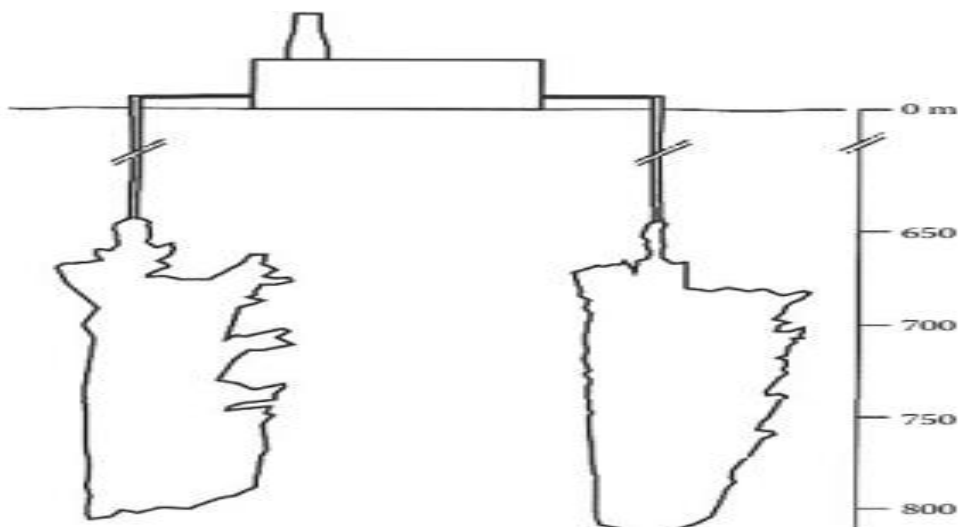
Хунторф ҲАЭСнинг умумий кўриниши (Бремен, Германия)



Қуввати: 290 МВт

Шимолий Денгиз яқинидаги АЭСни қайта ишга тушириш ва юклама пикини қоплаш учун 1978 йилда қурилган.

Хунторф ҲАЭСнинг тузли қатламни тозалаш орқали ҳосил қилинган сиқилган ҳавони сақлаш омборларининг тузилмаси



Омборни ҳосил қилиш учун сарфланган солиштирма капитал маблағ: 2
\$/кВт.соат

ҲАЭСнинг самарадорлиги (Ф.И.К.) ни аниқлаш

$$\eta_1 = \frac{E_T}{E_M + \eta_F E_F}$$

$$\eta_2 = \frac{E_T - \eta_F E_F}{E_M}$$

E_T – Электр генераторидан олинувчи энергия;

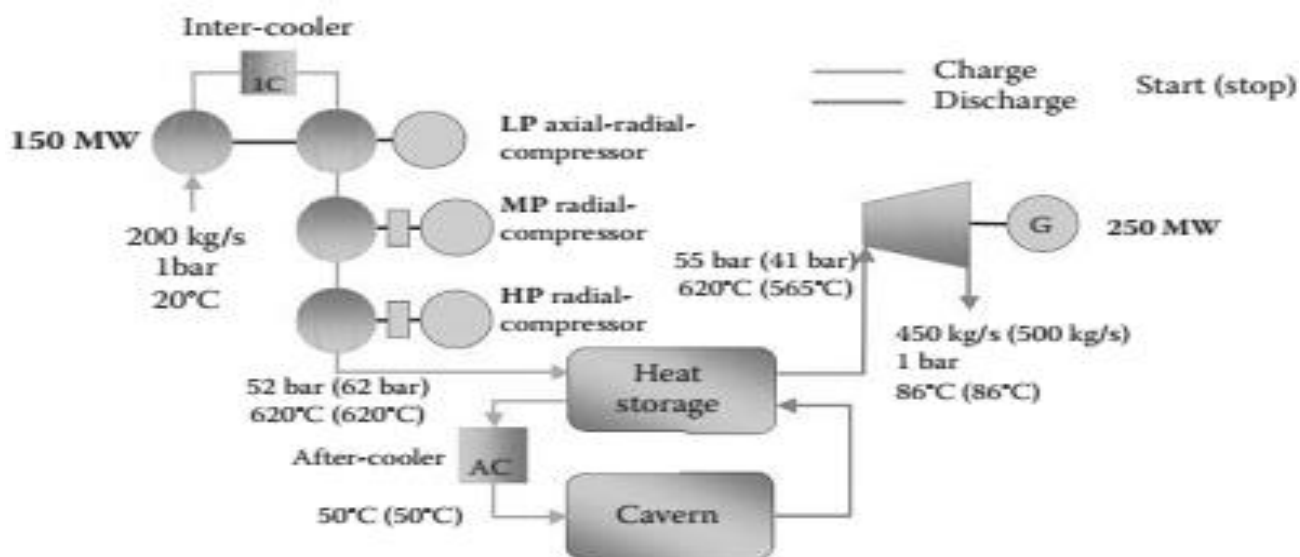
E_M – Компрессорга берилувчи энергия;

E_F – Ёқилғининг бирламчи энергияси;

η_F – муайян турдаги ёқилғидан фойдаланувчи қурилманинг фойдали иш коэффициенти.

$$\eta = 75 - 85 \%$$

Мустақил ишловчи илғор адиабатик ҲАЭСнинг принципиал схемаси (AA CAES)



$$\eta \approx 70 \%$$

Назорат саволлари:

1. Энергияни тўплаш деганда ним а тушунилади.
2. Табиатда қандай аккумуляциялаш жараёни сизга маълум.
3. ГАЭС ларнинг ишлаш принципини айтиб беринг.
4. Иссиқликни қандай қилиб тўплаш мумкин.
5. Электроэнергияни қаерда тўплаш мумкин.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Frank Kreith D.Yogi Goswami. Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business.
2. Janeza Trdine Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids. Edited by Rosario Carbone. Published by InTech. 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech
3. Zoran Morvaj. Energy efficiency – a bridge to low carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
4. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.

5. Moustafa Eissa. Energy efficiency –the innovative ways for smart energy, the future towards modern utilities. <http://dx.doi.org/10.5772/2590> Edited by Moustafa Eissa. Electric Power Distribution Handbook, T. A. Short. Taylor & Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.
6. Energy in the 21st century. (2nd edition) John r. Fanchi. Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.
7. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.
8. Janaka Ekanayake Cardiff University, UK Kithsiri Liyanage University of Peradeniya, Sri Lanka Jianzhongwu Cardiff University, Uk Akihiko Yokoyama University of Tokyo, Japan Nick Jenkins Cardiff University, UK. Smart Grid Technology and Applications. © 2012 John Wiley & Sons, ltd
9. Markus Hotakainen, Jacob Klimstra & Wдrtsilд Finland Oy Smart power generation Printing house: Arkmedia, Vaasa 2011 Publisher: Avain Publishers, Helsinki
10. Leslie A. Solmes. Energy Efficiency Real Time Energy Infrastructure Investment and Risk Management. Springer Science+Business Media B.V. 2009

4-мавзу: Энергетика тизимларининг оптимал иш ҳолатларини

таъминлаш.

Режа:

1. Бирлашган энергетика тизимлари ва уларнинг аҳамияти.
2. Бирлашган энергетика тизимларининг иш режимларини режалаштириш ва бошқариш.
3. Энергетика тизимларининг ҳолатларини номаълум Лагранж кўпайтувчилари усулида оптималлаш.

Таянч сўз ва иборалар: энергетика тизимим, бирлашган энергетика тизими, Халқаро энерготизим, электр тизимининг режимини оптималлаштириш, режимни оптимал режалаштириш, электр тармоғи, тармоқдаги исроф, исрофни ҳисоблаш, электр тармоғининг режимини оптималлаштириш, реактив қувватни компенсациялаш, трансформация коэффиценти.

4.1. Бирлашган энергетика тизимлари ва уларнинг аҳамияти.

Бирлашган энергетика тизимларининг афзалликлари:

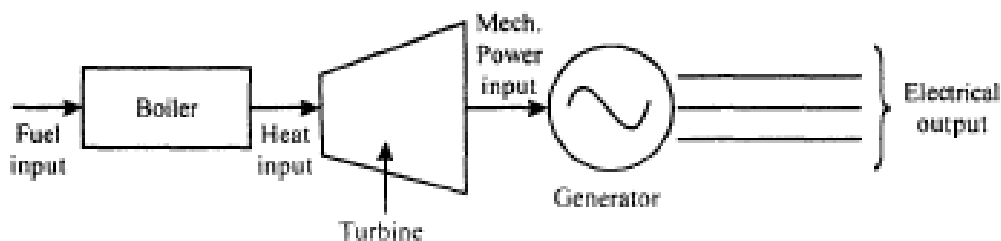
1. Электр энергия билан таъминлашда ишончлиликнинг ошиши;
2. Энергетика тизимининг ҳолатини иқтисодий жиҳатдан оптималлаш имкониятларининг ошиши;
3. Электр станцияларида ишловчи агрегатларнинг бирлик қувватларини ошириш имконининг пайдо бўлиши;
4. Бирлашган тизимга кирувчи алоҳида энерготизимларда захирадаги қувват миқдорини камайтириш имконининг пайдо бўлиши;
5. Электр энергияси бозорини ташкил этиш учун шароитнинг ҳосил бўлиши.

Бирлашган энергетика тизимларини ишлатиш, ва бошқаришни режалаштиришда кўплаб турли хил масалалар пайдо бўлади¹⁸. Бу ерда энг муҳим масала бўлиб тизимни иқтисодий ишлатиш масаласи ҳисобланади. Иқтисодий ишлатиш дейилганда режалаштирилганда ҳар бир кадам, тизимни графиклаштириш ва ишлатиш, блокларнинг иш ҳолатлари, станцияларнинг иш

¹⁸ P S R Murty. Operation and Control In Power Systems/ B S Publications. Hyderabad. 2008. p. 86-87

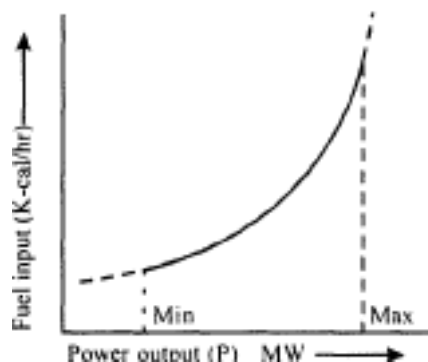
ҳолатлари ва уларни туташтироувчи линияларнинг иш ҳолатлари абсолют иқтисодийликни берувчи оптимал бўлиши тушунилади. Бунда электр энергиясини узатишдаши исрофлар ҳам муҳим рол ўйнайди. Ушбу мавзуди энергетик тизимларни иқтисодий ишлатиш (ҳар иккала иссиқлик ва гидро тизимларни) мос келувчи аналитик моделлардан фойдаланилгани ҳолда кўриб чиқилади.

Иссиқлик тизимларининг иқтисодийлик томонларини таҳлил этишда уларнинг кириш-чиқиш характеристикалари салмоқли ўринни эгаллайди. Ушбу мақсадларда қозон, турбина ва генератордан иборат бўлган ягона блок (5.1-расм)нинг характеристикасидан фойдаланиш мумкин. Блок ўзининг 2-5% ни ташкил этувчи шахсий эҳтиёжини ҳам таъминлайди.



5.1- расм. Қозон, турбина ва генератор блоки.

Юқорида эслатиб ўтилганидек, ҳар қандай иссиқлик блоки учун кириш-чиқиш характеристикаси уни ишлатиш характеристикасидан олиниши мумкин. 5.1- расмда тасвирланган блок учун типик энергетик характеристика 5.2- расмда тасвирланган.



5.2- расм. Иссиқлик блокининг кириш-чиқиш характеристикаси.

4.2. Бирлашган энергетика тизимларининг иш режимларини режалаштириш ва бошқариш.

Энергетика тизимининг ҳолатларини оптимал режалаштириш.

Агар блокларнинг нисбий ўсиш характеристикалари (НЎХ) кенг диапазонда ишлатилган ҳам ўзгармас бўлса ва энергияни узатишдаги исрофлар ҳамда захира бўйича талаб эътиборга олинмаса, у ҳолда бундай характеристикалар блокларнинг самарадорлигининг нисбий ўсиши бўйича ҳосил қилиш мумкин¹⁹. Бундай усулда ҳосил қилинувчи характеристикалар хизмат жадваллари деб юритилади. Хизмат жадваллари нисбий самарадорликка асосланиб тайёрланади ва ҳар бир блок энг юқори нисбий самарадорликка эга бўлиши учун даражаланган қувватга юкланган бўлади. Ёқилғи нархи, станциянинг цикл самарадорлиги, станциянинг ишга яроқлилиги сингари кўрсаткичларнинг ўзариши бундай жадваллардан фойдаланиш асосида амалга оширилади. Бундай усулда тайёрланган жадвалларга қараш орқали блокнинг бошқа блокдан фарқловчи генерация графигини тузиш мумкин.

Энергетика тизимларининг оптимал ҳолатларини ҳисоблаш ва жорий этиш уларни диспетчерлик бошқариш пунктларида амалга оширилади. Диспетчерлик пунктида масалаларни ечиш учун зарурий дастлабки маълумотларни олиш, қайти ишлаш, улар асосида ҳисоблашларни амалга ошириш, натижаларни узатиш ва уларга мувофиқ ҳолда энерготизимни бошқариш фақат замонавий автоматлаштирилган бошқариш тизимлари ва ҳисоблаш воситалари ёрдамида амалга оширилади.

Автоматлаштирилган бошқариш тизимлари (АБТ) кибернетиканинг барча сифат жихатидан турлича булган тизимларни бошқаришнинг асоси булиб, бошқаришнинг усул ва техникасидаги умумий хусусиятлар ва усулларни белгиловчи конунлар ҳисобланишини курсатувчи таркибий қисми ҳисобланади. Ҳозирги даврда АБТ сифатида бошқарувчи тизимда масалани қўйиш ва асосий қарорни қабул қилиш одам, бунинг учун зарур бўлган маълумотни қайта ишлаш

¹⁹ P S R Murty. Operation and Control In Power Systems/ B S Publications. Hyderabad. 2008. p. 97

эса – махсус қурилмалар мажмуи – ЭҶМ, телемеханика, аьлоқа ва бошқа воситалар томонидан бажарилувчи одам-машина тизими тушунилади.

АБТда одамнинг ҳал этувчи роли шу билан белгиланадики, бу тизимларнинг ўта даражада мураккаблиги сабабли уларни математика ёрдамида ҳам, моделлаштирувчи қурилмалар ёрдамида ҳам формаллаштириб бўлмайди.

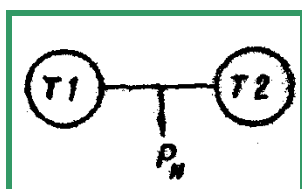
Автоматлаштирилган бошқариш тириларида ЭҶМ математик усуллар ва алгоритмларнинг ягона комплексидан фойдаланиш асосида маълумотларни қайта ишлашнинг барча жараёнларида асосий восита ҳисобланади.

Шундай қилиб, энергетика тизимининг автоматлаштирилган бошқарув тизимида уларнинг ҳолатларини оптималлаш алоҳида ўринни эгаллайди. Бунда турли усул ва алгоритмлар бўйича оптималлаш дастурларидан фойланалади.

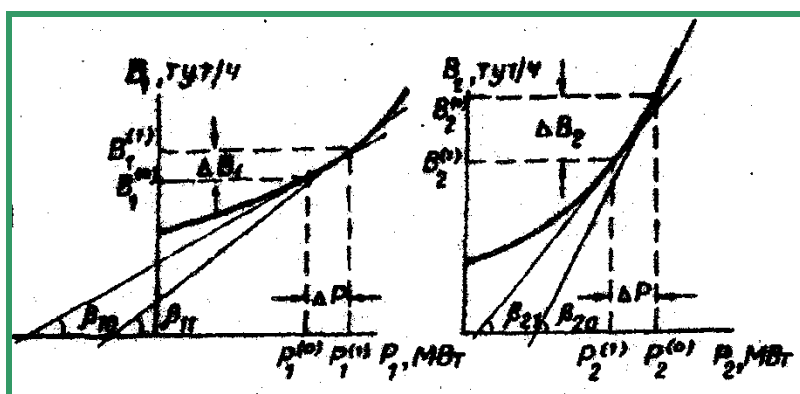
Энергетика тизимининг ҳолатини актив қувват бўйича оптималлаш электр энергетика тизими (ЭЭТ)нинг юкмасини электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлашдан иборатдир.

Энерготизим юкмасини иссиқлик электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш шартини ҳосил қилиш учун оддий мисол кўриб ўтамиз.

ИЭСнинг иккита блоки битта умумий юкмага ишлаётган бўлсин (5.3.а-расм). Блокларнинг ёқилғи сарфи характеристикалари силлик (квадратик) бўлсин. Бу характеристикалар 5.3.б-расмда келтирилган бўлиб, ордината ўқида бир соат давомидаги шартли ёқилғи сарфи, абсцисса ўқида эса блокнинг юкмаси (актив қуввати) тасвирланган.



а)



б)

1.1- расм. ИЭСнинг умумий юкмасини блоклар ўртасида оптимал тақсимлаш.

Блокларнинг P_1 ва P_2 қувватлари йиғиндиси юклама қуввати P_H га тенг бўлиши зарур:

$$P_1 + P_2 = P_H.$$

Бошланғич ҳолатда блокларнинг қувватлари $P_1^{(0)}$ ва $P_2^{(0)}$ бўлиб, сарф хараكتеристикалари бўйича уларга $B_1^{(0)}$ ва $B_2^{(0)}$ ёқилғи сарфлари мос келади. Бу тақсимланишнинг оптималлигини аниқлаш учун уни 1-блок қувватини шу миқдорга камайтириб ўзгартирамиз, яъни:

$$P_1^{(1)} = P_1^{(0)} + \Delta P;$$

$$P_2^{(1)} = P_2^{(0)} - \Delta P;$$

$$P_1^{(1)} + P_2^{(1)} = P_H.$$

Бундай қайта тақсимлаш натижасида биринчи блокда сарф бўлувчи шартли ёқилғи миқдори ΔB_1 ошиб, иккинчи блокда сарф бўлувчи шартли ёқилғи миқдори ΔB_2 га камаяди. $\Delta B_1 < \Delta B_2$, яъни қайта тақсимланиши натижасида иқтисод сарфга нисбатан катта бўлганлиги сабабали қайта тақсимланишдан кейинги ҳолат оптимал ҳисобланади.

Албатта, якуний оптимал қайта тақсимланишни олиш учун блокларнинг қувватларини қабул қилинган йўналишда ўзгартириб бориш зарур. Бу жараённи $\Delta B_1 = \Delta B_2$ шарт бажарилгунга қадар давом эттириш лозим.

$\Delta P_1 = \Delta P_2$ бўлганлиги сабабли бу шартни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\frac{\Delta B_1}{\Delta P_1} = \frac{\Delta B_2}{\Delta P_2} \quad \text{ёки} \quad \operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{tg} \beta_2$$

Юқоридаги нисбатнинг ΔP_i нолга интилгандаги лимити, яъни

$$\lim_{\Delta P_i \rightarrow 0} \frac{\Delta B_i}{\Delta P_i} = \frac{dB_i}{dP_i} = \epsilon_i$$

i-блокда ёқилғи сарфининг нисбий ўсиши (нисбий ўсиш) деб юритилади.

Шундай қилиб, оптимал тақсимланиш шarti бўлиб қувват баланси таъминланган ҳолда нисбий ўсишларнинг тенглиги ҳисобланади:

$$\frac{dB_1}{dP_1} = \frac{dB_2}{dP_2} \quad \text{ёки} \quad \epsilon_1 = \epsilon_2 \quad (5.1)$$

Агар блоклар турли нархдаги ёкилғиларда ишлаётган бўлса, у ҳолда оптималлик шарти (суммавий харажатларнинг минималлиги) қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$c_1 B_1 = c_2 B_2. \quad (5.2)$$

Бу ерда c_i -i блокда ёкилувчи ёкилғининг нархи. Оптималлик мезони (5.1) ни (баланс таъминланган ҳолда) суммавий ёкили сарфининг минималлиги шартидан ҳам ҳосил қилиш мумкин:

$$B = B_1(P_1) + B_2(P_2) \rightarrow \min, \quad (5.3)$$

$$W = P_1 + P_2 - P_H = 0 \quad (5.4)$$

(5.4) шарт мавжуд бўлганда (яъни уни ҳисобга олиб) мақсад функцияси (5.3) ни минималлаштиришни Лангранж функциясининг экстремуми (стационар нуқтаси)ни топиш орқали амалга ошириш мумкин:

$$L = B + \mu W = B_1(P_1) + B_2(P_2) + \mu(P_1 + P_2 - P_H) \rightarrow \min \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = \frac{\partial B_1}{\partial P_1} + \mu \frac{\partial W}{\partial P_1} = \frac{\partial B_1}{\partial P_1} + \mu = \epsilon_1 + \mu = 0, \quad (5.6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = \frac{\partial B_2}{\partial P_2} + \mu \frac{\partial W}{\partial P_2} = \frac{\partial B_2}{\partial P_2} + \mu = \epsilon_2 + \mu = 0. \quad (5.7)$$

(5.4), (5.6) ва (5.7) тенгламаларни биргаликда олиб, система қилиб ечиш барча номаълумлар P_1 , P_2 , μ ларни топиш имконини беради. Бироқ бунда муаммолар ҳосил бўлиши мумкин, чунки блокларнинг $B_i = f_i(P_i)$ сарф характеристикалари, одатда, узик ёки синик чизиқли ҳисобланади. Бу характеристикаларни аналитик кўринишда ифодалаш уларни юқори даражали полиномлар билан аппроксимациялаш билан боғлиқдир. Шу сабабли қўйилган масалани ечиш, умумий ҳолда, юқори даражали ва катта ўлчамли эгри чизиқли тенгламалар системасини ечиш ва ундан келиб-чиқувчи қийинчиликлар билан боғлиқ.

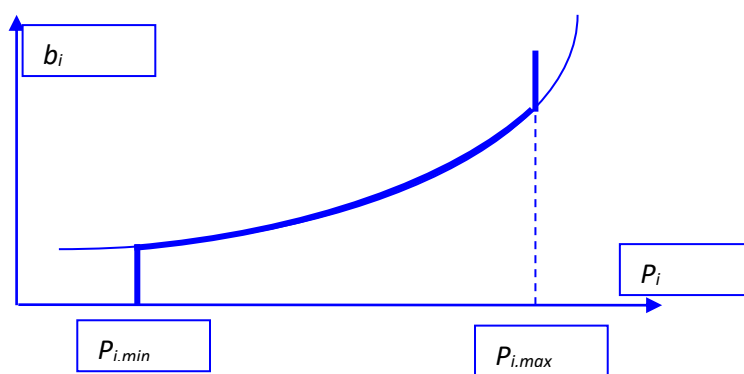
Бошқача интерпретацияда (тасвирда) масаланинг ечилишини соддалаштириш мумкин. Бунинг учун (5.4), (5.6) ва (5.7) тенгламалардан қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\begin{cases} \epsilon_1 = \epsilon_2 = -\mu_1 \\ P_1 + P_2 = P_H \end{cases} \quad (5.8)$$

(5.8) асосида юклама қувватини иккита блок орасида оптимал тақсимлашни кўриб ўтамиз. 1 ва 2 блокларнинг НЎХлари берилган бўлсин. Блоклар учун умумий бўлган нисбий ўсиш $v_c=v_1=v_2$ учун турли қийматларни қабул қилиб мос P_1 , P_2 ва P_1+P_2 ларни топиш асосида $v_c=f(P_1+P_2)$ боғланишни кўрамиз. Бу боғланиш бўйича P_H нинг ҳар қандай қиймати учун мос $v_c=v_1=v_2$ ни ва блокларнинг НЎХлари бўйича оптимал тақсимланишда ҳосил бўлувчи P_1 ва P_2 ларни топишимиз мумкин. Булар асосида 1 ва 2 блокларнинг оптимал юклама графиклари аниқланади. Эквивалент НЎХ ни ҳосил қилиш учун блокларнинг НЎХларида берилган барча нуқталарни эътиборга олиш лозим.

Кўриб чиқилган усул тенгламалар системасини ечмасдан тақсимлаш имконини бериб, у бевосита ёки нисбий ўсишларнинг тенглиги усули деб юритилади. Ушбу усул бошқаларидан ўта соддалиги билан ажратиб туради. Бундан ташқари бу усулда энергетик характеристикалардаги мавжуд узилишлар қийинчиликсиз ҳисобга олинади. Шунингдек, блок ва станцияларнинг минимал ва максимал қувватлари бўйича чегаравий шартлар осон – характеристика тўсиқ киритиш орқали ҳисобга олинади. Блокларнинг қувватни ошириш ва камайтириш тезлиги бўйича чегаравий шартлар ҳам ушбу усулда осон эътиборга олинади.

Блок ёки станциянинг минимал ва максимал қувватлари бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олишнинг тўсиқлар усулида НЎХ 5.3-расмда кейинги оптималлаш қайта қуришда пайдо бўлган НЎХлар бўйича амалга оширилади.



5.3-расм

ИЭСнинг иккита блоки учун ёзилган оптималлик шarti (5.8) N та иссиқлик блокларининг параллел ишлаган ҳолатлари учун ҳам осон умумлаштирилади:

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_1 = \epsilon_2 = \dots = \epsilon_N = -\mu, \\ P_1 + P_2 + \dots + P_N = P_n \end{array} \right\} \quad (5.9)$$

Охирги (1.9) шартни таъминлаш юқоридаги тартибда амалга оширилади. У шунингдек ИЭСлар тўплами учун ҳам осон умумлаштирилади. Бунда ҳар бир ИЭС ундаги алоҳида блокларнинг НЎХ ларини қўшиш орқали ҳосил қилинувчи эквивалент НЎХ билан тасвирланади.

Юклама қувватини иккита блок ўртасида оптимал тақсимлаш шартини умумлаштириш учун фақат олинган натижа ҳақиқатдан ҳам минимум ҳаражат таъминлашини аниқлаш қолмоқда. Иккинчи тартибли ҳосиланинг ишорасини таҳлил қилиш буни аниқлаш имконини беради. Агар

$$\frac{d^2 B}{dP_i^2} = \frac{d\epsilon_i}{dP_i} > 0 \quad (5.10)$$

бўлса, $v_i = f_i(P_i)$ боғланиш силлиқ бўлган ҳолатда мақсад функциясининг минималлиги таъминланади.

Реал электр энегетика тизимларида оптималлаш масаласини ҳал этишда барча станцияларнинг ҳам юкламалари номаълумлар сифатида қатнашмайди. ЭЭТ юклама графигининг базисида ишловчи ростланмайдиган АЭС, ИЭМ ва ГЭС лар тугунлардаги манфий юкламалар билан алмаштирилиши мумкин. Юклама графигининг ўзгариб турувчи қисмида қатнашувчи электр станциялари ҳисобий станциялар деб юритилади.

4.3. Энергетика тизимларининг ҳолатларини номаълум Лагранж кўпайтувчилари усулида оптималлаш²⁰

Энергетика тизимининг ҳолатини актив қувват бўйича оптималлаш масаласининг маъноси барча станцияларнинг барча чегаравий шартларнинг бажарилгани ҳолда иссиқлик станцияларидаги ёқилғи сарфи билан боғлиқ бўлган умумий ҳаражатлар²¹

²⁰ Operation and Control In Power Systems... p. 97-98

²¹ P S R Murty. Operation and Control In Power Systems/ B S Publications. Hyderabad. 2008. P. 97-98.

$$И = \sum_{i=1}^n H_i B_i(P_i) \rightarrow \min \quad (5.11)$$

ёки бу станциялардаги умумий шартли ёқилғи сарфининг

$$В = \sum_{i=1}^n B_i(P_i) \rightarrow \min \quad (5.12)$$

минимал бўлишини таъминловчи қувватларини топишдан иборатдир.

Бунда барча электр станцияларининг қувватлари P_i энерготизимда қувват балансини таъминлаши зарур:

$$\sum_{i=1}^n (P_i) - \sum_{j=1}^m P_j = 0. \quad (5.13)$$

Бу ерда n, m — мос ҳолда энерготизимдаги станция ва юклама тугунларининг сони; P_i, P_j — i -чи электр станцияси ва j -чи юклама тугунининг қувватлари.

Номаълум Лагранж кўпайтувчилари усулида кўрилаётган (5.2) — (5.3) шартли минималлаш масаласи қуйидаги Лагранж функциясини шартсиз минималлаш масаласига келтирилади:

$$L = \sum_{i=1}^n B_i(P_i) + \mu \left(\sum_{i=1}^n P_i - \sum_{j=1}^m P_j \right) \rightarrow \min \quad (5.14)$$

Бу ерда μ - номаълум Лагранж кўпайтувчиси. Қуйилган масаланинг ечим нуқта-сида (5.13) шарт бажарилганлиги сабабли (5.14) функциясининг минимуми (5.12) функциянинг минимуми билан устма-уст тушади.

(5.14) функциясининг минимумини аниқлаш учун L функциясидан барча ўзгарувчилар бўйича ҳосилани нулга тенглашда ҳосил бўлган тенгламалар системасини ечиш лозим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \alpha} = \frac{\partial \hat{A}_i(P_i)}{\partial P_i} + \mu = 0, i = \overline{1, n} \\ \frac{\partial L}{\partial \mu} = \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{j=1}^m P_j = 0 \end{aligned} \quad \text{ёки} \quad \begin{aligned} b_i + \mu = 0, i = \overline{1, n} \\ \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{j=1}^m P_j = 0 \end{aligned} \quad (5.15)$$

Бу ерда b_i — i -ч ИЭСда шартли ёқилғи сарфининг нисбий ўсиши.

Шундай қилиб, кўриладётган масалани ечиш n та станцияларнинг номаълум кувватлари ва битта номаълум Лагранж кўпайтувчиларига эга бўлган $n+1$ та тенгламадан иборат бўлган (5.15) системани ечишга келтирилади.

Умумий ҳолатда тенгламалар системаси (5.15) ни ечишда электр станцияларининг сарф характеристикалари $B_i(P_i)$ ларнинг узлукли эканлиги билан боғлиқ бўлган муаммолар пайдо бўлади. Аммо, уларни қандайдир аниқликда юқори даражали қаторлар, масалан квадратик қаторлар, билан аппроксимациялаб олиш мумкин. Бундай ҳолатда (5.15) тенгламалар системаси тўғри чизиқли тенгламалар системасига айланади ва у осонгина ечилади.

Ушбу усулнинг ҳисоблаш сифатларини энерготизимнинг актив юкмаси $P_H=500$ МВт ни қуйидаги шартли ёқилғи сарфи характеристикаларига эга бўлган иккита иссиқлик электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш масаласига қўллаб ўрганамиз:

$$B_1 = 100 + 0,2P_1 + 0,001P_1^2 \quad \text{т.ш.ё./соат,}$$

$$B_2 = 60 + 0,2P_2 + 0,002P_2^2 \quad \text{т.ш.ё./соат,}$$

Масаланинг математик ифодасини ёзамиз:

$$B = B_1(P_1) + B_2(P_2) \rightarrow \min,$$

$$P_1 + P_2 - P_f = 0.$$

Лагранж функциясини тузамиз:

$$L = B_1(P_1) + B_2(P_2) + \mu(P_1 + P_2 - P_f) \rightarrow \min.$$

Бу функция минимумлигининг зарурий шартидан қуйидаги тенгламалар системасини ҳосил қиламиз:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_1} = 0,2 + 0,002P_1 + \mu = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} = 0,2 + 0,004P_2 + \mu = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \mu} = P_1 + P_2 - 500 = 0. \end{cases}$$

Ҳосил бўлган чизиқли тенгламалар системасини уни ечишнинг бирор усули, масалан Крамер усули, ёрдамида ечамиз:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0,002 & 0 & 1 \\ 0 & 0,004 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -0,006,$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -0,2 & 0 & 1 \\ -0,2 & 0,004 & 1 \\ 500 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -2,$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 0,002 & -0,2 & 1 \\ 0 & -0,2 & 1 \\ 1 & 500 & 0 \end{vmatrix} = -1,$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 0,002 & 0 & -0,2 \\ 0 & 0,004 & -0,2 \\ 1 & 1 & 500 \end{vmatrix} = 0,0052,$$

$$P_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-2}{-0,006} = 333,33 \text{ МВт},$$

$$P_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-1}{-0,006} = 166,67 \text{ МВт},$$

$$\mu = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{0,0052}{-0,006} = -0,86 .$$

Шундай қилиб, станцияларнинг оптимал юкламалари $P_1=333,33$ МВт, $P_2=166,67$ МВт бўлиб, бунда улардаги умумий шартли ёқилғи сарфи $B = 426,667$ т.ш.ё./соат.

Назорат саволлари

1. Бирлашган энергетика тизимини ифодасини беринг;
2. Бирлашган энергетика тизимларининг иш режимларини режалаштириш ва бошқариш учун тушунча беринг;
3. Энергетика тизимининг актив юкламасини электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш масаласи.
4. Энергетика тизимининг актив юкламасини иссиқлик станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш шарти.

Адабиётлар

1. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
2. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
4. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 2002.
5. P S R Murty. Operation and Control In Power Systems/ B S Publications. Hyderabad. 2008.
6. Mohamed E. El-Hawary. Introduction to Electrical Power Systems. Copyright 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. All rights reserved. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
Published simultaneously in Canada
7. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.
8. Janeza Trdine Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids. Edited by Rosario Carbone. Published by InTech. 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech
9. Janaka Ekanayake Cardiff University, UK Kithsiri Liyanage University of

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1- амалий машғулот *Электр станциялари ва қурилмаларининг самарадорлигини ҳисоблаш.*

Ишдан мақсад: *электр станцияси ва қурилмасининг ишлаб чиқарувчи қуввати ва самарадорлиги бўйича сарфланувчи бирламчи энергия ва энергия ресурсининг миқдорини аниқлаш; энергияни турли birlikларда ифодалаш; электр станцияси ва қурилмасида сарфланувчи бирламчи энергия ресурси ва ишлаб чиқариқарилувчи электр энергияси миқдори бўйича унинг фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш га оид бўлган амалий масалаларни ечишни ўргатиш.*

Масаланинг қуйилиши: Тошкент иссиқлик электр станциясида бир сутка давомида ишлаб чиқарилган электр энергияси миқдори 23000000 кВт.соатни ташкил этди. Ушбу станциянинг сутка давомида ўртача самарадорлиги 32% ни ташкил этган бўлса, станцияда сутка давомида қанча миқдорда шартли ёқилғи сарфланган? Бу миқдор қанча нефт эквивалентига тенг?

Ишни бажариш учун намуна: Масалани ечиш учун аввало сутка давомида ишлаб чиқарилган электр энергияни Жоуль бирлигига ўтказамиз:

$$23000000 \text{ кВт.соат} = 23 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot 3600 \text{ Дж} = 82,8 \cdot 10^{12} \text{ Дж.}$$

Электр станциясининг самарадорлигини эътиборга олиб, сутка давомида ёқилғини ёқишдан ҳосил бўлган бирламчи иссиқлик энергиясининг миқдорини ҳисоблаймиз:

$$82,8 \cdot 10^{12} \text{ Ж} / 0,32 = 258,75 \cdot 10^{12} \text{ Дж.}$$

1 кг шартли ёқилғи тўлиқ ёнганда 29300 к Дж иссиқлик энергияси беришини эътиборга олиб, ёқилғи миқдорини ҳисоблаймиз:

$$258,75 \cdot 10^9 \text{ кЖ} / (29300 \text{ к Дж}) = 8831058 \text{ кг.ш.ё.} \approx 8831,0 \text{ т.ш.ё.}$$

Ушбу миқдорни нефт эквивалентига ўтказиш учун 1 тонна нефт эквиваленти 1,428 тонна шартли ёқилғига тенг эканлигидан фойдаланамиз:

$$8831,058 / 1,428 \approx 6184,2 \text{ т.н.э.}$$

Шундай қилиб, иссиқлик электр станциясида сутка давомида 8831,0 т.ш.ё ёқи 6184,2 т.н.э миқдоридаги ёқилғи ёқилган.

Мустақил ечиш учун масалалар

1. Конденсацион иссиқлик электр станциясида бир сутка давомида 20000 тонна кўмир ёқилиб, электр энергияси ишлаб чиқарилди. Агар ёқилган кўмирнинг 1 килограми ёнганда 3500 ккал иссиқлик ажралган бўлса, шунингдек КЭСнинг фойдали иш коэффициенти 0,34 га тенг бўлса, сутка давомида қанчи миқдорда электр энергияси ишлаб чиқарилган. Уни кВт.соат бирлигида ифодаланг.
2. Чорбоғ ГЭСида сутка давомида сув напори 120 м бўлгани ҳолда 7500000 кВт.соат электр энергияси ишлаб чиқарилди. Сутка давомида ГЭСнинг ўртача самарадорлиги 95% ни ташкил этган бўлса, қанча миқдорда сув сарфланган? Сарфланган сув миқдорини м³ бирлигида ифодаланг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
2. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRCP ressisan imprint of Taylor & Francis Group, anInforma business.

2-амалий машғулот: Электр станциялари ва тармоқларининг энергетик кўрсаткичлари ва самарадорлигини ҳисоблаш (2 соат)

Ишдан мақсад: Электр станцияларининг самарадорлигини аниқлаш; бирламчи сарфланувчи энергия ресурси миқдори ва станциянинг самарадорлиги бўйича ишлаб чиқарилувчи энергия миқдорини аниқлаш ва ишлаб чиқарилувчи энергия миқдори ва станциянинг самарадорлиги бўйича бирламчи сарфланувчи энергия ресурси миқдорини аниқлаш масалалари билан танишиш.

Масаланинг қуйилиши:

Напор 100 м га тенг булган ГЭС да сувнинг сарфи 720000 куб.м/соат га тенг. ГЭСнинг ф.и.к. 0,9 га тенг булса, унинг кувватини аниқланг. Агар ушбу ГЭС сутка давомида узгармас напор ва сув сарфи билан ишласа, қанча миқдорда электр энергиясини ишлаб чиқаради?

Масалани ечиш:

Қўйилган масалани ечиш учун сув сарфи, напор ва фойдали иш коэффициентлари маълум бўлган ГЭСнинг қувватини топиш формуласидан фойдаланамиз:

$$P_{ГЭС} = \eta \rho Q g H$$

Демак, $P_{ГЭС} = 0,9 * 1000 * 9,81 * 100 * 720000 / 3600 = 176400000 \text{ Вт} = 176400 \text{ кВт} = 176,4 \text{ МВт}$.

Сутка давомида сув сарфи, напор ва ГЭСнинг фойдали иш коэффициенти ўзгармас бўлганлиги сабабли унинг қуввати ҳам ўзгармас бўлади. Бундай ҳолатда Сутка давомида ГЭСда ишлаб чиқарилувчи электр энергия миқдорини топиш учун ушбу қувватни суткадаги соатлар сони, яъни 24 соатга кўпайтирамиз:

$$W = 176400 * 24 = 4233600 \text{ кВт.соат}$$

Мустақил ечиш учун масалалар

1. ГЭС сутка давомида ўзгармас юклама билан ишлаб, 16000000 куб. м. сувни сарфлаган. Сутка давомида напор ўзгармас бўлиб 120 м. ни, самарадорлик эса 90% ни ташкил этган. ГЭСнинг сутка давомида ишлаб чиқарган электр энергияси миқдори ва уртача қувватини топинг.
2. ГАЭС сутканинг 5 соати давомида насос режимида ишлаб, 10000000 куб. м. сувни куйи сув омборидан юкори сув омборига хайдайди ва 3 соати давомида ГЭС режимида ишлаб, шу миқдордаги сувдан тулик фойдаланади. Сутка давомида напор ўзгармас бўлиб 100 м. ни, самарадорлик эса насос режимида 90% ни ва генерация режимида 88% ни ташкил этади. Хар иккала режимда ишлагандаги электр қувватларини ва ГАЭСнинг бутун цикл бўйича ф.и.к. ни аниқланг.
3. ГАЭС сутканинг 4 соати давомида насос режимида ишлаб, 7000000 куб. м. сувни куйи сув омборидан юкори сув омборига хайдайди ва 3 соати давомида ГЭС режимида ишлаб, шу миқдордаги сувдан тулик фойдаланади. Сутка давомида напор ўзгармас бўлиб 120 м. ни ташкил этади. ГАЭСнинг насос ва ГЭС

режимларида ишлаган латларидаги уртача фойдали иш коэффициентлари ва бутун цикл буйича фйдали иш коэффициентини топинг.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, **Energy managementsystems**. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
2. John r. Fanchi. Energy in the 21st century. (2nd edition) Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.
3. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

3-амалий машғулот: Энергия самарадорлигини оширишда аккумуляциялашнинг ўрни. (2 соат)

Ишдан мақсад: электр энергияни ишлаб чиқариш ва истеъмол қилишда аккумуляциялашнинг ўрни ва самарадорлигини аниқлаш; энергияни аккумуляциялашнинг турли усулларининг моҳиятини ўрганиш; энергияни аккумуляциялаш ҳисобига олинувчи самарадорликни ҳисоблашни ўрганиш.

Масаланинг қуйилиши: ГЭС сутка давомида ўзгармас напор билан ишлагани ҳолда 20 млн. кВт.соат электр энергияси ишлаб чиқаради. Сутка давомида ГЭСнинг ўртача самарадорлиги 90%. Сутка учун ўрта соатлик сув сарфини аниқлаш талаб этилади.

Масалани ечиш:

ГЭСнинг сутка давомидаги ўртача қувватини топамиз:

$$P_{\text{ГЭС}} = \frac{W_{\text{сут}}}{24} = \frac{20000000}{24} = 833333,33 \text{ кВт} = 833,33 \text{ МВт}$$

ГЭСнинг қувватини аниқлаш формуласи

$$P_{\text{ГЭС}} = \eta Q g H$$

дан фойдаланиб, ўртача соатлик сув сарфини аниқлаймиз:

$$Q = \frac{P_{\text{ГЭС}}}{\eta g H} = \frac{833333,33}{0,9 \cdot 9,81 \cdot 80} = 1179,82 \text{ м}^3/\text{чч}$$

Мустақил ечиш учун масалалар

1- масала. ГАЭС 4 соат давомида генерация режимида ишлаб 9000 куб. м. сувни сарфлайди. Сўнгра 5 соат давомида насос режимида ишлаб шу миқдордаги сувни қуйи сув омборидан юқори сув омборига ҳайдайди.

Напор ҳар иккала режимда ишлашда ўзгармас бўлиб, 100 м ни ташкил этади. Самарадорлик генерация режимида 89%, насос режимида эса 91% ни ташкил этади.

Генерация ва насос режимларида ўртача электр қувватни ҳамда ГАЭСнинг бутун цикл бўйича фойдали иш коэффициентини топиш талаб этилади.

2- масала. ГЭС сутка давомида ўзгармас юклама билан ишлаб, 8000 куб. м. сувни сарфлайди. Бунда напор ўзгармас ва 140 м бўлиб, ГЭСнинг самарадорлиги 90% ни ташкил этади.

ГЭСнинг сутка давомидаги ўртача қуввати ва ишлаб чиқарган электр энергияси миқдорини топиш талаб этилади.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
2. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

4-амалий машғулот: Электр энергетика тизимининг юкламасини электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш. (2 соат)

Ишдан мақад: электр энергетика тизимининг юкламасини электр станциялари ўртасида оптимал тақсимлаш.

Масаланинг қуйилиши:

Ушбу машғулотла электр энергетика тизимининг актив юкламасини электр станциялари ўртасида чегаравий шартларни эътиборга олиб ва олмасдан оптимал тақсимлашга оид масалалар ечилади. Қуйида масла ечиш наъмуналари ва мустақил бажариш учун топшириқлар берилган.

Ишни бажариш учун намуна:

Ўхшаш масалаларда куриб чиқилган. Энерготизим юкламаси $P_{н2}=200$ МВт ни қуйидаги нисбий ўсиш характеристикаларига (сўм/(МВт·соат)) эга бўлган учта ИЭС ўртасида оптимал тақсимланг:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= 3 + 0,2P_{Г1} + 0,004 P_{Г1}^2; & \varepsilon_2 &= 2 + 0,4P_{Г2} + 0,002 P_{Г2}^2; \\ \varepsilon_3 &= 4 + 0,15 P_{Г2} + 0,003 P_{Г2}^2.\end{aligned}$$

Станцияларнинг генерацияловчи қувватлари бўйича қуйидаги чегаравий шартлар мавжуд: МВт: $P_{Г1max}=62$; $P_{Г1min}=40$; $P_{Г2max}=100$; $P_{Г2min}=60$; $P_{Г3max}=90$; $P_{Г3min}=30$.

Ечиш: Номаълумларни қуйидагича эркли Y ва эрксиз X ўзгарувчиларга ажратамиз: $Y=\|P_{Г1}, P_{Г3}\|$; $X=\|P_{Г2}\|$. Бошланғич қийматларни қуйидагича қабул қиламиз,

МВт: $P_{Г1}^{(0)} = 60$, $P_{Г3}^{(0)} = 45$.

Энерготизимда актив қувват баланси шартидан аниқлаймиз:

$$P_{Г2}^{(0)} = 200 - 60 - 45 = 95 \text{ МВт} .$$

1. Дастлабки нукта рухсат этилган соҳанинг ичида ётганлигига ишонч ҳосил

$$\text{қиламиз: } P_{Г1}^{(0)} = 60 \text{ МВт} ; P_{Г3}^{(0)} = 45 \text{ МВт} ; P_{Г2}^{(0)} = 95 \text{ МВт} . .$$

2. Ушбу нуктада келтирилган градиент усулидан келиб чиқиб, градиентни ҳисоблаймиз:

$$\frac{\partial I}{\partial P_{Г1}} = \varepsilon_1^{(0)} - \varepsilon_2^{(0)}; \quad \frac{\partial I}{\partial P_{Г3}} = \varepsilon_3^{(0)} - \varepsilon_2^{(0)} .$$

Дастлабки нуқтага мос келувчи қувватлар учун нисбий ўсишларва сўнгра градиентнинг ташкил этувчиларини аниқлаймиз:

$$\varepsilon_1^{(0)} = 3 + 0,2 \cdot 60 + 0,004 \cdot 60^2 = 29,40 \text{ сум / (MВт \cdot соат)};$$

$$\varepsilon_2^{(0)} = 2 + 0,4 \cdot 95 + 0,002 \cdot 95^2 = 58,05 \text{ сум / (MВт \cdot соат)};$$

$$\varepsilon_3^{(0)} = 4 + 0,15 \cdot 45 + 0,003 \cdot 45^2 = 16,83 \text{ сум / (MВт \cdot соат)},$$

$$\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 1}} \right|_{t=0} = 29,40 - 58,05 = -28,65 \text{ сум / (MВт \cdot соат)};$$

$$\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 3}} \right|_{t=0} = 16,83 - 58,05 = -41,22 \text{ сум / (MВт \cdot соат)}.$$

Юқорида келтирилганига мувофиқ рухсат этилган йўналиш антиградиент билан устма-уст тушади, чунки дастлабки нуқта рухсат этилган соҳада ётибди.

3. Оптималлашнинг рухсат этилган қадамини аниқлаймиз. Градиентнинг ҳар иқкала ташкил этувчилари манфий бўлганлиги сабабли $P_{\Gamma 1}$ ва $P_{\Gamma 3}$ ортади. Бунга мос ҳолда уларнинг рухсат этилган ўзгаришларини юқори чегаралари белгилайди.

Рухсат этилган қадамларни қуйидагича аниқлаймиз:

$$t_{1 \text{ пух}} = \frac{P_{\Gamma 1 \text{ max}} - P_{\Gamma 1}}{-\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 1}} \right|_{t=0}} = \frac{-60 + 62}{28,65} = 0,0698 ;$$

$$t_{3 \text{ пух}} = \frac{P_{\Gamma 3 \text{ max}} - P_{\Gamma 3}}{-\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 3}} \right|_{t=0}} = \frac{-45 + 90}{41,22} = 1,0917 .$$

Ушбу масалада эрксиз ўзгарувчи $\mathbf{X}=P_{\Gamma 2}$ эркли ўзгарувчи $\mathbf{Y}=\|P_{\Gamma 1}, P_{\Gamma 3}\|$ ларга чизиқли боғлиқ бўлиб, бу ёзилган тенгламалардан кўриниб турибди. Шу сабабли $P_{\Gamma 2}$ бўйича тенгсизлик кўринишидаги чегаравий шартларни ҳисобга олишда \mathbf{Y} учун ёзилган ифодалардан фойдаланиш мумкин.

$P_{\Gamma 2}$ қувватнинг ўзгариши қуйидагича аниқланади:

$$\Delta P_{\Gamma 2} = -(\Delta P_{\Gamma 1} + \Delta P_{\Gamma 3}) = \left(\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 1}} \right|_{t=0} + \left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 3}} \right|_{t=0} \right) t.$$

Бу ерда $-\frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 2}} = v_2 = \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 1}} + \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma 3}} < 0$ бўлганлиги сабабли $P_{\Gamma 3}$ камаяди. Бундай ҳолда $P_{\Gamma 3}$

бўйича рухсат этилган қадамнинг қиймати унинг минимал чегараси билан белгиланади:

$$t_{3,pyx} = \frac{P_{r2min} - P_{r2}}{\frac{\partial I}{\partial P_{r1}} + \frac{\partial I}{\partial P_{r3}}} = \frac{60 - 95}{-28,65 - 41,22} = 0,5009 .$$

Рухсат этилган қадамларнинг барчасидан минималини танлаймиз:

$$t_{pyx} = \min(0,0698; 1,0971; 0,5009) = 0,0698.$$

1. Бошланғич синов қадамни амалга оширамиз. t_0 сифатида t_{pyx} ни қабул қилиш кулай. Агар бунда қадамни амалга ошириш натижасида ҳосила $\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0}$ ҳосила

$\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=0}$ га нисбатан ишорасини алмаштира, демак минимум ўтилган ораликнинг

ичида ётибди. Бундай ҳолда t^* қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$t^* = \frac{\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0}}{\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=0} - \frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0}} t_0 .$$

2. Кўрилатган ҳолатда t^* нинг ишораси манфийдир, чунки доимо $t_0 > 0$. Бу ерда

$\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=0} < 0$ ва $\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0} > 0$. Бу оптимум нуқтадан ўтиб кетилганлиги ва орқага

қайтиш лозимлигидан ҳам тушунарли. Агар $\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0} < 0$ бўлса, яъни ҳосила ишора-

сини алмаштирмаса, бу оптимум ушбу йўналишда рухсат этилган соҳадан ташқаридалигини билдиради ($t^* > t_{pyx}$). Бунда биз $t_0 = t_{pyx}$ қадамни амалга ошириб,

ушбу йўналишда қанча мумкин бўлса шунчага минималлаштирган ҳисобланамиз.

Шундай қилиб, $t_0 = t_{pyx} = 0,0698$;

$$\Delta P_{r1}^{(1)} = - \frac{\partial I}{\partial P_{r1}} \Big|_0 \cdot t_0 = 28,65 \cdot 0,0698 = 1,9998 \text{ MBm} ;$$

3. $P_{r1}^{(1)} = 60 + 1,9998 = 61,9998 \text{ MBm} ,$

$$\Delta P_{r3}^{(1)} = - \frac{\partial I}{\partial P_{r3}} \Big|_0 \cdot t_0 = 41,22 \cdot 0,0698 = 2,8772 \text{ MBm} ;$$

4. $P_{r3}^{(1)} = 45 + 2,8772 = 47,8772 \text{ MBm} .$

5. Янги нуқтада $P_{r2}^{(1)}$ ни топамиз:

$$P_{r2}^{(1)} = 200 - 61,9998 - 47,8772 = 90,123 \text{ MBm} .$$

6. Янги нуқтада градиентни аниқлаймиз:

$$\varepsilon_1^{(1)} = 30,7759; \quad \varepsilon_2^{(0)} = 54,2935; \quad \varepsilon_3^{(1)} = 18,0583;$$

$$\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \right|_{t=t_0} = -23,5176; \quad \left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \right|_{t=t_0} = -36,2352 .$$

7. $\left. \frac{\partial I}{\partial t} \right|_{t=0}$ ва $\left. \frac{\partial I}{\partial t} \right|_{t=t_0}$ ҳосилаларни $\left. \frac{\partial \Psi}{\partial t} \right|_{t=0} = -\sum_{k=1}^N \left. \frac{\partial \Psi}{\partial X_k} \right|_{t=t_0} \cdot \left. \frac{\partial \Psi}{\partial X_k} \right|_{t=0}$ ифодадан

фойдаланиб ҳисоблаймиз:

$$\left. \frac{\partial I}{\partial t} \right|_{t=0} = -\left(\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \right|_{t=0} \right)^2 - \left(\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \right|_{t=0} \right)^2 = -(-28,65)^2 - (-41,22)^2 = -2519,9109;$$

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial I}{\partial t} \right|_{t=t_0} &= -\left(\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \right|_{t=0} \cdot \left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \right|_{t=t_0} \right) - \left(\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \right|_{t=0} \cdot \left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \right|_{t=t_0} \right) = \\ &= -(-28,65)(-23,5176) - (-41,22)(-36,2352) = -2167,3941. \end{aligned}$$

Ҳосила $\left. \frac{\partial I}{\partial t} \right|_{t=0}$ ишорасини ўзгартирмади, демак оптимал қадам рухсат этилганидан

катта: $t_* > t_{\text{доп}}$. Шу сабабли навбатдаги қадамни $t=t_0=t_{\text{доп}}$ нуқтадан амалга оширамиз.

6- пунктда ҳисобланган антиградиентни йўналтирувчи вектор сифатида қабул қилиб, оптималлаш йўналишини ўзгартирамиз:

$$\left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \right|_{t=0} = -23,5176; \quad \left. \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \right|_{t=0} = -36,2352 .$$

Биринчи қадамнинг сўнги нуқтаси иккинчи қадамнинг биринчи нуқтаси ҳисобланади. Шу сабабли 6- пунктда градиентнинг бу ташкил этувчилари $t=t_0$ га, 7- пунктда эса $t=0$ га мос келади.

8. Янги йўналтирувчи вектор ташкил этувчиларининг қийматлари P_{Γ_1} ва P_{Γ_3} ларни яна ортиши лозимлигини кўрсатади. Бироқ P_{Γ_1} ўзининг юқори чегарасида турибди.

Шу сабабли йўналтирувчи вектор сифатида

$$V = \|V_1, V_3\|$$

векторни қабул қиламиз.

Бу ерда: $V_1 = 0; \quad V_3 = -\frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} = 36,2352 .$

9. Рухсат этилган қадамни фақат P_{Γ_3} учун аниқлаймиз, чунки P_{Γ_1} бу йўналишда ўзгармайди. 3- пунктдаги ифодалардан фойдаланамиз. P_{Γ_3} ортади, P_{Γ_2} камаяди:

$$t_{3\text{pyx}} = \frac{90 - 47,8772}{36,2352} = 1,1625 ;$$

$$t_{2\text{pyx}} = \frac{-60 + 90,1230}{36,2352} = 0,8313 .$$

Минимал рухсат этилган қадамни қабул қиламиз:

$$t_{\text{pyx}} = \min(t_{3\text{pyx}}, t_{2\text{pyx}}) = \min(1,1625; 0,8313) = 0,8313.$$

10. Кувватларнинг қийматлари, МВт:

$$P_{\Gamma_1}^{(2)} = 61,9998; \quad P_{\Gamma_3}^{(2)} = 47,8772 + 36,2352 \times 0,8313 = 77,9995;$$

$$P_{\Gamma_2}^{(2)} = 200 - 61,9998 - 77,9995 = 60,0007.$$

9- пунктдан келиб чиққанидек P_{Γ_2} минимал қийматига эришади.

11. Янги нуқтада градиентни ҳисоблаймиз (иккинчи қадамнинг охиридаги қадам $t=t_0$ да):

$$\frac{\partial I}{\partial Y} = \left\| \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \Big|_{t=t_0}; \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \Big|_{t=t_0} \right\|;$$

$$\varepsilon_1^{(2)} = 30,7759; \quad \varepsilon_2^{(2)} = 33,2004; \quad \varepsilon_3^{(2)} = 33,9517;$$

$$\frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \Big|_{t=t_0} = 30,7759 - 33,2004 = -2,4245;$$

$$\frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \Big|_{t=t_0} = 33,9517 - 33,2004 = 0,7513 ,$$

12. $\frac{\partial I}{\partial Y}$ нинг ўрнига V векторни қўйиб, ҳосилани аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} \frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0} &= \left(V_1 \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_1}} \Big|_{t=t_0} + V_3 \frac{\partial I}{\partial P_{\Gamma_3}} \Big|_{t=t_0} \right) = \\ &= [0(-2,2245) + (36,2352)(0,7513)] = 27,2235 . \end{aligned}$$

Ҳосила $\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0} = -(-36,2352)^3 = -1312,9897$ га нисбатан ишорасини алмаштирди.

13. Оптимал қадамни ҳисоблаймиз:

$$t_* = \frac{\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0}}{\frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=0} - \frac{\partial I}{\partial t} \Big|_{t=t_0}} t_0 = \frac{27,2235}{-1312,9897 - 27,2235} - 0,8313 = -0,0169 .$$

14. Янги нуқтага ўтамыз:

$$P_{\Gamma_1}^{(3)} = 61,9998 \text{ МВт}; \quad P_{\Gamma_3}^{(3)} = 77,9995 + (36,2352)(-0,0169) = 77,3871 \text{ МВт};$$

$$P_{\Gamma_2}^{(3)} = 200 - 61,9998 - 77,3871 = 60,6131 \text{ МВт};$$

$$\varepsilon_1^{(3)} = 30,77759 \text{ сум / (МВт } \cdot \text{ соат)}; \quad \varepsilon_2^{(3)} = 33,5931 \text{ сум / (МВт } \cdot \text{ соат)};$$

$$\varepsilon_3^{(3)} = 33,5744 \text{ сум / (МВт } \cdot \text{ соат)};$$

$$\left. \frac{\partial I}{\partial P_{r1}} \right|_{t=0} = 30,77759 - 33,5931 = -2,872;$$

$$\left. \frac{\partial I}{\partial P_{r3}} \right|_{t=0_0} = 33,5744 - 33,5931 = -0,0187.$$

P_{r1} ўзининг юқори чегаравий қийматига тенг ва $\left. \frac{\partial I}{\partial P_{r1}} \right|_{t=0} < 0$ бўлганлигидан ўсишга

интилганлиги сабабли рухсат этилган векторда $V_1=0$ ва $V_3=0,0187$. Демак йўналтирувчи векторнинг модули старлича кичик бўлиб қолганлиги сабабли ҳисоблаш жараёнини тугалланди деб ҳисоблаш мумкин. Шундай қилиб, станцияларнинг оптимал қувватлари қуйидагича:

$$P_{r1}=61,9998 \text{ МВт}; \quad P_{r2}=60,6131 \text{ МВт}; \quad P_{r3}=77,3871 \text{ МВт}.$$

11.1- жадвал. Энерготизимнинг ҳисобий параметрлари

№ вар.	P_n , МВт	ТЭС – 1			ТЭС -2			ТЭС -3		
		a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{31}	a_{32}	a_{33}
1	300	2	0,2	0,002	3	0,15	0,0025	4	0,2	0,002
2	350	3	0,18	0,0022	4	0,17	0,0022	5	0,22	0,0017
3	400	4	0,16	0,0024	2	0,19	0,0019	3	0,24	0,0014
4	450	5	0,14	0,0026	1	0,21	0,0016	2	0,26	0,0011
5	500	6	0,12	0,0028	2,5	0,23	0,0013	3,5	0,28	0,0008
6	550	5	0,14	0,002	3,5	0,21	0,0015	4,5	0,26	0,001
7	600	4	0,16	0,0022	4,5	0,23	0,0017	2,5	0,29	0,0012
8	650	3	0,18	0,0024	3	0,25	0,0019	5	0,3	0,0014
9	700	2	0,2	0,0026	4	0,27	0,0021	6	0,32	0,0016
10	750	1	0,22	0,0028	5	0,29	0,0022	7	0,34	0,0017

Станцияларнинг генерацияловчи қувватлари бўйича қуйидаги чегаравий шартлар мавжуд:

$$1\text{-}5\text{- вариантлар учун, МВт: } P_{r1\max}=140; \quad P_{r1\min}=60; \quad P_{r2\max}=180; \quad P_{r2\min}=80; \quad P_{r3\max}=200;$$

$$P_{r3\min}=110;$$

6-10- вариантлар учун, МВт: $P_{r1max}=280$; $P_{r1min}=120$; $P_{r2max}=230$; $P_{r2min}=90$; $P_{r3max}=290$; $P_{r3min}=100$.

Назорат саволлари:

1. Оптималлаш деганда нимани тушунади?
2. Электр энергияни оптималлаштириш масалалари курилганда нималар назарда курилади?
3. Электр тимни оптималлаш масалаларида қайси электр параметрларга таълиқли?

Фойдаланилган адабиётлар:

1. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
2. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

V.ГЛОССАРИЙ

Availability	A condition in which a machine is ready to perform the duty for which it is intended.	Мавжудлиги - бир машина учун мўлжалланган бурчини бажариш учун тайёр бўлган бир ҳолати.
Balancing	Controlling electricity production so that it fully matches electricity demand.	Мувозанат - бу тўлиқ электр талабни ва электр ишлаб чиқаришни назорат қилиш.
Base load	A constant demand level for electric energy that is present during a prolonged time period.	Асосий юклама - узок вақт давомида мавжуд электр энергияси учун доимий талаб даражасида болган.
Coefficient of performance	The ratio of the amount of heat or cold produced by a heat pump and the amount of energy needed to drive the heat pump.	Бажариш коэффитсиенти - бир иссиқлик насоси ва иссиқлик насос ҳайдовчи учун зарур бўлган энергия миқдори томонидан ишлаб чиқарилган иссиқлик ёки совуқ миқдори нисбати.
Cogeneration	An effective method to utilize the heat released during the production of electric energy for process heating, space heating or cooling.	Генерасия - жараён иситиш ёки совутиш учун электр энергиясини ишлаб чиқариш давомида озод иссиқлик фойдаланиш учун самарали усул.
Common cause fault	A fault in a process that negatively affects the whole process.	Сабаб айби - салбий бутун жараёнини таъсир жараёнида бир айби.
Common mode fault	A fault in a process that affects only one unit in a process with several identical units in parallel without affecting the others.	Умумий тартиб айби - бошқаларга таъсир ҳолда параллел бир неча хил бирликлари билан бир жараёнда фақат битта бирлигидан таъсир жараёнида бир айби.
Demand management	A method to decrease electricity demand by switching of part of electricity consumption.	Талаб бошқариш - электр истеъмоли қисми коммутатсия томонидан электр эҳтиёжни камайтириш учун бир усул.
Discount rate	The fraction of an invested capital that is desired as an annual yield.	Чегирма даражаси - бир йиллик ҳосилдорлиги сифатида исталган бир капиталнинг улуши.
Distribution grid	The system that distributes electricity or gas to households, commercial users and small industries.	Тарқатиш тармоқ - уй, тижорат фойдаланувчилар ва кичик саноат электр ёки газ тарқатадиган тизими.
Electricity intensity	The amount of electric energy needed to create a certain gross domestic product, often expressed in kwh/€ of kwh/\$	Электр интенсивлиги - муайян ялпи ички маҳсулотни яратиш учун зарур бўлган электр энергия миқдори, тез-тез

Energy	Amount of physical work stored or delivered to a process	Энергия - жисмоний иш ёки жараён учун етказиладиган миқдор
Energy storage	Storage of energy for later use, often in pumped hydro, batteries, flywheels, and compressed air but primarily in fuels	Энергия сақлаш - кейинчалик фойдаланиш учун, тез-тез шимиб гидроэнергия, батареялар, 1 ва сиқилган ҳаво, балки, биринчи навбатда
Final energy use	Energy use by the consumers, such as industries, commercials and households. It does not include the energy consumption needed for processing fuels and the energy losses of power plants	Охириги энергиядан фойдаланиш - масалан, саноат, реклама ва уй каби истеъмолчилар томонидан энергия фойдаланиш. Бу қайта ишлаш ёқилғи учун зарур бўлган энергия истеъмолини ва қувват ўсимликлар энергия йўқотишларни ўз ичига олмайди
Fixed charge rate	The rate of capital costs resulting from a given discount rate and the given life of an installation	Белгиланган заряд тезлиги - берилган чегирма ставка натижасида капитал харажатларнинг даражаси ва ўрнатиш берилганлиги
Frequency	The number of repetitive cycles of a process per second, with unit Hz (hertz).	Частота - бирлиги Ҳз (Гертз) билан сонияда бир жараённинг такрорланадиган сони.
Gas engine	A machine that converts the chemical energy stored in fuel gas into mechanical energy.	Газ-мотор - механик энергияга айланишига ёқилғи газ сақланади кимёвий энергия айлантирган машинаси.
Gross domestic product (GDP)	– The total monetary value of the amount of goods and services produced per year in a country. Often, the gdp is expressed in the local purchasing power parity (ppp) of the us\$, since the buying power of the us\$ differs from country to country.	Ялпи ички маҳсулот (ЯИМ) - бир мамлакатда йилига ишлаб чиқарилган товарлар ва хизматлар миқдори умумий пул қиймати. АҚШ доллари сотиб олиш кучи, мамлакатдан мамлакатга фарқ буён тез-тез, ялпи ички маҳсулот, АҚШ доллари, маҳаллий харид қобилияти паритети ифода этилади.
Highvoltage AC	A three wire system for transporting electric energy at high voltage (> 35 kv) as alternating current.	Юқори кучланиш УТ - юқори кучланиш электр энергия ташиш учун уч сим тизими (> 35 кВ) муқобил оқим сифатида.

VI. Фойдаланилган адабиётлар

I. Махсус адабиётлар

1. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
2. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов энергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
4. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы энергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 2002.
5. Mohamed E. El-Hawary. Introduction to Electrical Power Systems. Copyright 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. All rights reserved. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada
6. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
7. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business.
8. Zoran Morvaj. Energy efficiency –a bridge to low carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
9. Moustafa Eissa. Energy efficiency –the innovative ways for smart energy, the future towards modern utilities. <http://dx.doi.org/10.5772/2590> Edited by Moustafa Eissa. Electric Power Distribution Handbook, T. A. Short. Taylor & Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.
10. Energy in the 21st century. (2nd edition) John r. Fanchi. Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.

11. Mohamed E. El-Hawary. Introduction to Electrical Power Systems. Copyright 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. All rights reserved. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada
12. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.
13. Janeza Trdine Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids. Edited by Rosario Carbone. Published by InTech. 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech
14. Janaka Ekanayake Cardiff University, UK Kithsiri Liyanage University of Peradeniya, Sri Lanka Jianzhongwu Cardiff University, Uk Akihiko Yokoyama University of Tokyo, Japan Nick Jenkins Cardiff University, UK. Smart Grid Technology and Applications. © 2012 John Wiley & Sons, ltd
15. Markus Hotakainen, Jacob Klimstra & Wdrtsild Finland Oy Smart power generation Printing house: Arkmedia, Vaasa 2011 Publisher: Avain Publishers, Helsinki
16. Prof. P. S. R. MURTY B.Sc. (Engg.) (Hans.) ME., Dr. - Ing (Berlin), F.I.E. (India). Life Member – ISTE Operation and Control in Power Systems
17. Leslie A. Solmes. Energy Efficiency Real Time Energy Infrastructure Investment and Risk Management. Springer Science+Business Media B.V. 2009
18. Электр қурилмаларини тузилиш қоидалар, ДИ ЎздавЭнергоназорат, Тошкент, 2007.
19. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.; 2000 й. 218 б.
20. Электр қурилмаларини тузилиш қоидалар, ДИ ЎздавЭнергоназорат, Тошкент, 2007.
21. Электротехнический справочник: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред. профессоров МЭИ. – М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с
22. К.Р. Аллаев Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. Т. Издательство «Молия» 2007. 388 с.

II. Интернет сайтлар

1. <https://www.Lifeaftertheoilcrashnet.net>
2. <https://www.Theoil drum.com>
3. <https://www.researchgate.net>
4. <http://www.sciencedirect.com>
5. <http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-electrical-power-and-energy-systems>
6. <http://onlinelibrary.wiley.com/journal>
7. <http://iris.elf.stuba.sk>
8. <http://www.degruyter.com>
9. <http://www.epri.com/search/Pages>
10. <http://izvestia.tugab.bg/en>
11. <http://www.nfpa.org/newsandpublications>
12. <http://journals.tubitak.gov.tr>
13. <http://jeen.fei.tuke.sk/en>
14. <https://ecce-journals.rtu.lv/>
15. <http://www.elekt.polsl.pl>
16. <http://www.wydawnictwo.pk.edu.pl/>
17. <http://www.epe.tuiasi.ro>
18. <http://www.rtu.lv/en>
19. <https://www.labview.ru>
20. <https://www.matlab.com>
21. <https://www.energystrategy.ru>
22. <https://www.uzenergy.uzpak.ru>
23. <https://www.matlab.com>