Co-funded by the
European Union

DEBSEUz

ELEKTR ENERGIYA ISHLAB CHIQARISH, UZATISH VA TAQSIMLASH

U.R. SALOMOV
A.A. QUCHQAROV

U.R. Salomov, A.A. Kuchkarov

ELEKTR ENERGIYA ISHLAB CHIQARISH, UZATISH VA TAQSIMLASH

Toshkent, 2025. – 200 sahifa.

Taqrizchilar:
Texnika fanlari doktori, Farg‘ona Davlat Universiteti Professori
Haydarov Z.
Texnika fanlari doktori, Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti Professori
Ergashev S.F.

O‘quv qo‘llanma xalqaro o‘quv dasturlari va oliy ta’lim dasturlari tahliliga asoslangan yangi dastur asosida yozilgan. “Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash” darsligi zamonaviy elektr energiyasi tizimlari haqida keng qamrovli ma’lumot beradi, iste’molchilarga elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va yetkazib berish bilan bog‘liq asosiy tamoyillar, texnologiyalar va operatsion jihatlarni qamrab oladi. Kurs an’anaviy va qayta tiklanadigan elektr stansiyalari, generatorlarning ishlash tamoyillari va turli energiya konvertatsiya qilish texnologiyalarining ishlash xususiyatlari kabi energiya tizimlarining asosiy tuzilishidan boshlanadi. Qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarish texnologiyalariga, ularning samaradorligi, atrof-muhitga ta’siri va operatsion cheklovlariga alohida e’tibor beriladi. Darslikda yuqori kuchlanishli uzatish tizimlarini, jumladan, uzatish liniyalari, podstansiyalar, transformatorlar va quvvat oqimini boshqarishni loyihalash va tahlil qilish ham ko‘rib chiqiladi. Effektiv qarshilik, kuchlanishni boshqarish, quvvat koeffitsienti va tizim barqarorligi kabi elektr parametrlari muhandislik modellari va amaliy hisob-kitoblar yordamida tahlil qilinadi. Tarqatish bo‘limi o‘rta va past kuchlanishli tarmoqlar, yuklama xususiyatlari, ishonchlilik indekslari, himoya tizimlari va aqlli tarmoq texnologiyalariga qaratilgan. Elektr energiyasi sifati, nosozliklar tahlili, rele himoyasi va tizimni avtomatlashtirish kabi mavzular ham energiya tizimlarini boshqarishga zamonaviy nuqtai nazarni taqdim etish uchun muhokama qilinadi.
Darslik Yevropa Ittifoqining “Erasmus+” dasturi doirasida “O‘zbekistonda quyosh energiyasi bo‘yicha bakalavrlar uchun maqsadli ta’lim dasturini ishlab chiqish” (101128871 - DEBSEUz - ERASMUS-EDU-2023-CBHE) loyihasining amaliy natijalaridan biri sifatida tayyorlangan.

Kirish

Global iqtisodiy o‘sish va jamiyatlarning uzluksiz rivojlanishi asosan energiya resurslari bilan ta'minlanish darajasiga bog‘liq. XX asr oxiri va XXI asr boshlarida insoniyat ilgari hech qachon duch kelmagan ekologik, iqtisodiy va texnik muammolarga duch kelmoqda. Neft, gaz va ko‘mir kabi an'anaviy energiya manbalarining zaxiralari kamayib borayotgani, ulardan foydalanish natijasida hosil bo‘layotgan zararli gazlar atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatayotgani, iqlim o‘zgarishi bilan bog‘liq xavf-xatarlar muqobil energiya manbalariga murojaat qilish zaruratini tug‘dirmoqda. Shu bois, elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlarida tub o‘zgarishlar sodir bo‘lmoqda.

Energetika sohasida muhim islohotlardan biri – qayta tiklanuvchi energiya manbalarini ishlab chiqarish jarayoniga faol tatbiq etish va ularni mavjud elektr tarmoqlariga samarali integratsiya qilishdan iborat. Elektr energiyasi ishlab chiqarishdan boshlab, uni iste'molchilarga uzatish va taqsimlashgacha bo‘lgan butun jarayon texnik, texnologik va iqtisodiy jihatdan uzviy bog‘langan. Shu sababli, ushbu tizimni yaxlit holda tahlil qilish, uning samaradorligini oshirish, mavjud muammolarni aniqlash va ularning yechimlarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Elektr energiyasining ishlab chiqarilishi zamonaviy sanoat va texnologiyaning asosi hisoblanadi. An’anaviy issiqlik elektr stansiyalari bilan bir qatorda gidro, shamol, quyosh, biogaz, geotermal va boshqa muqobil energiya manbalari asosida ishlovchi stansiyalar tobora keng tarqalmoqda. Ularning har biri o‘zining ishlab chiqarish texnologiyasi, ekologik ta’siri, ishlash barqarorligi va uzatish imkoniyatlari bilan ajralib turadi.

Shu bilan birga, elektr energiyasining uzatish va taqsimlash tizimi – murakkab va ko‘p bosqichli muhandislik tizimidir. Tizimning asosiy elementlariga yuqori kuchlanishli uzatish liniyalari, transformatorlar, taqsimlovchi podstansiyalar, kommutatsiya qurilmalari va iste’molchi qurilmalari kiradi. Elektr energiyasi manbaidan foydalanuvchigacha bo‘lgan yo‘l davomida turli texnik yo‘qotishlar,

kuchlanish o‘zgarishlari, chastota tebranishlari sodir bo‘lishi mumkin. Ayniqsa, muqobil energiya manbalari bilan ishlovchi tizimlarda bu jarayon yanada murakkablashadi.

Muqobil energiya manbalari – qayta tiklanuvchi, ekologik toza va uzoq muddatli foydalanish imkoniyatiga ega bo‘lgan energiya resurslaridir. Bular quyosh energiyasi (fotovoltik panellar va issiqlik stansiyalari), shamol energiyasi (shamol generatorlari), gidroenergetika (mikro va mini GESlar), biogaz va biomassa, hamda geotermal energiya manbalaridir. Har birining ishlab chiqarish prinsiplari, energiyani elektr ko‘rinishga aylantirish usullari, tarmoqqa ulanish mexanizmlari va boshqaruv texnologiyalari mavjud. Ularning integratsiyasi esa nafaqat texnik, balki iqtisodiy va huquqiy me’yorlarga ham bog‘liq.

Quyosh elektr stansiyalari (QES) eng keng tarqalgan muqobil manbalardan biridir. Ular asosan quyosh nuridan bevosita elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi fotovoltik panellardan tashkil topadi. Quyosh energiyasining noaniqligi, ya’ni ob-havoga bog‘liqligi sababli ishlab chiqariladigan quvvat ham o‘zgaruvchan bo‘ladi. Bu esa tarmoqda kuchlanish va chastota barqarorligini saqlashda muammolarni yuzaga keltiradi. Shuningdek, QESlar ko‘p hollarda tarmoqdan mustaqil ishlashni talab qiluvchi hududlarda joylashgan bo‘lib, ularni umumiy energiya tizimiga ulash texnik va iqtisodiy yechimlar talab qiladi.

Shamol elektr stansiyalari (ShES) ham muhim muqobil manbalardan biri hisoblanadi. Ular shamol harakatidan kinetik energiyani generatorlar orqali elektr energiyasiga aylantiradi. Biroq shamol tezligi beqarorligi va vaqtinchalik o‘zgarishi sababli ishlab chiqarilayotgan quvvatda ham katta tebranishlar yuzaga keladi. Bunday tizimlar sinxronlashtirilgan ishlashni, tarmoqdagi yuklamani muvozanatlashni talab qiladi. ShESlarning kichik bloklardan tashkil topganligi ularni turli hududlarga joylashtirish imkonini bersa-da, bir vaqtning o‘zida tarmoqqa ulanishi elektromagnit muvofiqlik muammolarini yuzaga keltiradi.

Gidroenergetika, ayniqsa mikro va mini GESlar qishloq joylarda barqaror energiya ta’minoti uchun juda samarali hisoblanadi. Suv oqimi kuchi orqali ishlovchi bu tizimlar o‘zgaruvchan yuklama sharoitida ham yaxshi ishlaydi. Biroq

suv sarfi mavsumiy tebranishlarga bog‘liq bo‘lib, ba’zi holatlarda stansiyalar to‘liq quvvatda ishlay olmaydi. Shuningdek, gidravlik urilishlar va turbinalarning sinxronlashtirishdagi muammolari ham yechilishi kerak bo‘lgan dolzarb masalalardandir.

Biogaz va biomassa energetikasi esa qishloq xo‘jaligi chiqindilari va boshqa organik moddalardan foydalangan holda energiya ishlab chiqarishga asoslanadi. Ushbu manbalar doimiy ishlab chiqarish quvvatini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Biroq ularni elektr energiyasi shaklida samarali tarmoqqa uzatish va sinxronlashtirish uchun zamonaviy invertorlar va kuchaytiruvchi qurilmalar talab qilinadi. Geotermal energiya manbalari esa yer osti issiqligidan foydalanib, barqaror energiya manbaiga aylanishi mumkin, lekin texnik jihatdan murakkab va katta sarmoyani talab qiladi.

Energiya ishlab chiqaruvchilardan tashqari uni saqlash va boshqarish ham energetik tizimning ajralmas qismidir. Akkumulyatorlar, flywheel generatorlari, superkondensatorlar kabi qurilmalar muqobil manbalar bilan integratsiya qilinayotgan tizimlar uchun muhim hisoblanadi. Chunki bu manbalar doimiy va barqaror ishlab chiqarish imkonini bermagani sababli, ishlab chiqarilgan energiyani vaqtincha saqlash va kerakli vaqtda uzatish muhim bo‘lib qolmoqda.

Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlarini saqlash, reaktiv quvvatni boshqarish, kuchlanish tebranishlarini kamaytirish, garmonik buzilishlarni oldini olish kabi masalalar zamonaviy invertorlar va quvvat elektronikasining rivojlanishi orqali hal etilmoqda. Ayniqsa, smart-grid texnologiyalarining joriy etilishi bilan real vaqt monitoringi, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va energiya oqimini optimallashtirish imkoniyatlari paydo bo‘lmoqda.

Elektr uzatish tarmoqlari esa energetik tizimning asab tolalari bo‘lib, ularning ishonchliligi butun tizim barqarorligini belgilaydi. Transformatorlar, kommutatsiya qurilmalari, taqsimlovchi punktlar va boshqa elementlar kuchlanish darajasini sozlash, energiyani kerakli yo‘nalishga taqsimlash, tizimdagi ortiqcha yuklamalarni boshqarish kabi muhim funksiyalarni bajaradi. Shu bilan birga, bu tarmoqlarda energiya isroflari va kuchlanish yo‘qotishlarini kamaytirish, energiya tejash

texnologiyalarini joriy etish zamonaviy talabdir. Elektr energiyasining ishlab chiqarilishi, uzatilishi va taqsimlanishining har bir bosqichi muhim ilmiy-texnik yondashuvlarni talab qiladi. Ayniqsa, muqobil energiya manbalari asosida ishlaydigan tizimlarning integratsiyasi murakkab texnologik yechimlarni, innovatsion boshqaruv usullarini, zamonaviy elektronika vositalarini qo‘llashni taqozo etadi. Bu yo‘nalishda olib borilayotgan ilmiy izlanishlar va texnologik yangiliklar yaqin kelajakda barqaror, ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali energiya tizimlarini yaratishda muhim rol o‘ynaydi.

1-BOB: ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQARISH, UZATISH VA TAQSIMLASH JARAYONLARI VA MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI

1.1 Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlari

Reja:

1.1 Elektr energiyasini ishlab chiqarish stansiyalari

1.2 Elektr energiyasini uzatish tarmoqlari

1.3 Elektr energiyasini taqsimlash

1.4 Elektr energiyasi tizimining barqarorligi va samaradorligi

1.1 Elektr energiyasini ishlab chiqarish stansiyalari

Elektr energiyasi hozirgi zamonaviy jamiyatning asosiy energiya manbai hisoblanadi. Sanoat, transport, uy xo‘jaligi, axborot texnologiyalari va boshqa ko‘plab sohalarda elektr energiyasiga bo‘lgan talab tobora ortib bormoqda. Elektr energiyasini ishlab chiqarish jarayoni turli xil texnologiyalarga asoslangan bo‘lib, ular tabiiy manbalarning o‘ziga xos xususiyatlariga bog‘liq.

Elektr energiyasini ishlab chiqarish stansiyalarining asosiy vazifasi biror turdagi energiyani (issiqlik, mexanik, yadro, quyosh yoki gidro energiya) elektr energiyasiga aylantirishdir. Barcha elektr stansiyalarida elektromagnit induksiya qonuni asosida ishlaydigan generatorlar mavjud, ular mexanik energiyani elektr energiyasiga o‘zgartiradi.

Elektr stansiyalarining quyidagi asosiy turlari mavjud:

1. **Issiqlik elektr stansiyalari (IES)** – organik yoqilg‘ilar (ko‘mir, gaz, mazut, biogaz) yoki chiqindi issiqlikdan foydalanadi.
2. **Gidroelektr stansiyalar (GES)** – suv oqimining potensial energiyasidan foydalanadi.
3. **Shamol elektr stansiyalari (SHES)** – shamol harakatining kinetik energiyasidan foydalanadi.

4. **Quyosh elektr stansiyalari (QES)** – quyosh nurlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasiga aylantiradi.
5. **Atom elektr stansiyalari (AES)** – yadro reaksiyalaridan foydalanib elektr ishlab chiqaradi.

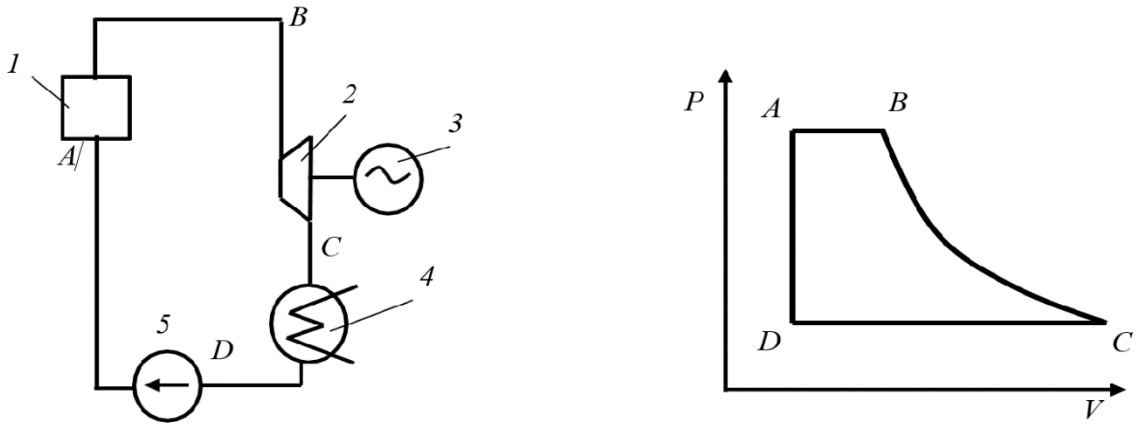
Issiqlik elektr stansiyalari (IES)

Issiqlik elektr stansiyalari dunyodagi eng ko‘p ishlatiladigan elektr stansiyalaridan biri hisoblanadi. Bu stansiyalar organik yoqilg‘i (ko‘mir, gaz, mazut) yoki bioyoqilg‘idan foydalanadi. Bunday stansiyalarda asosiy jarayon yoqilg‘ini yoqish orqali suvni bug‘ holatiga keltirish va hosil bo‘lgan bug‘ bilan turbinani aylantirishdir.

Ishlash prinsipi

1. Yoqilg‘i (ko‘mir, gaz, mazut) qozon qurilmasida yoqiladi va issiqlik energiyasi hosil bo‘ladi.
2. Hosil bo‘lgan issiqlik suvni bug‘ holatiga aylantiradi.
3. Bug‘ turbinani aylantiradi.
4. Turbina generatorni harakatga keltirib, elektr energiyasi hosil qiladi.
5. Bug‘ kondensator orqali yana suyuq holatga o‘tkazilib, tizimga qaytadan beriladi.

Issiqlik elektr stansiyalarida kechadigan jarayonlar Renkin sikli asosida amalga oshiriladi.



1-rasm. A – Renkin sikli bo‘yicha ishlovchi IESning texnologik sxemasi, B – ideal Renkin sikli sxemasi [1].

Turbinada bug‘ning ideal Renkin sikliga muvofiq kengayish jarayoni BC adiabata bo‘yicha yuz beradi. Turbinadan chiqqan bug‘ kondensatorda

kondensatsiyalanadi va sovituvchi suv bilan chiqarib yuboriladi. Bug‘ning kondensatsiyalanishiga CD oraliq mos keladi. Kondensat ta’minlovchi nasos yordamida bug‘ generatoriga uzatiladi. Bu jarayonga DA oraliq mos kelib, u suv bosimining hajm o‘zgarmagan holda ortishi bilan bir vaqtda amalga oshadi (nasos ta’sirida). Chunki, siqilganda suvning hajmi o‘zgarmaydi.

Ideal Renkin siklining foydali ish koeffitsiyenti (FIK), har qanday issiqlik mashinasidagi kabi, ish bajarish uchun sarf bo‘lgan issiqlikning isitkichda olingan butun issiqlik miqdoriga nisbati bilan belgilanadi:

$$K = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

bu yerda, Q_1 – bug‘ generatorida ishchi massaga uzatilgan issiqlik miqdori; Q_2– kondensatordagi sovituvchi suv orqali chiqarib yuborilgan issiqlik miqdori.

Issiqlik elektr stansiyalarining asosiy turlari

Issiqlik elektr stansiyalari (klassik Rankin sikli bo‘yicha)

- Ko‘mir, gaz yoki mazut yoqib elektr ishlab chiqaradi.

Gaz-turbinali elektr stansiyalari

- Tabiiy gazni yoqish orqali yuqori haroratli gazlar hosil qiladi va **to‘g‘ridan-to‘g‘ri turbinani aylantiradi**.

Bug‘ va gaz kombinatsiyalangan elektr stansiyalar

Gaz turbinalari va bug‘ turbinalarini birgalikda ishlatadi, bu esa **yanada yuqori samaradorlikka** ega.

Biomassa va chiqindilarni yoqib ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalari

- Qayta tiklanadigan manba sifatida **biomassa, chiqindilar yoki bioyoqilg‘ilarni** yoqib ishlaydi.

№	Stansiya turi	Yoqilg‘i	Samaradorlik (%)	Afzalliklari	Kamchiliklari
1.	Issiqlik elektr stansiyalari	Ko‘mir, gaz, mazut	30-40 %	Katta quvvatli satnasiya qurish imkoniyati mavjud	Samaradorligi past, suv sarfi yuqori
2.	Gaz-turbinali elektr stansiyalari	Gaz, dizel	35-45 %	Kam joy egallaydi, tez ishga tushadi	Zamonaviy issiqlik elektr stansiyalariga

					nisbatan samardorligi past
3.	Bug‘ va gaz kombinatsiyalangan elektr stansiyalar	Gaz	55-60 %	Yuqori samaradorlik, chiqindi chiqarish darajasi past	Qimmat texnologiya

Samaradorlik va formulalar

Issiqlik elektr stansiyasining foydali ish koeffitsienti (FIK) quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}} \times 100\%$$

bu yerda:

- η – samaradorlik (%),
- P_{kir} – qabul qilingan issiqlik energiyasi,
- P_{chiq} – ishlab chiqarilgan elektr energiyasi.

Ideal bug‘ sikli uchun samaradorlik Rankin sikli orqali aniqlanadi:

$$\eta = 1 - \frac{T_{ch}}{T_q}$$

bu yerda:

- T_{ch} – sovitish harorati (K),
- T_q – qozonning ish harorati (K).

3. Gidroelektr stansiyalar (GES)

Gidroelektr stansiyalar (GES) – gidroenergetik resurslardan foydalanib, suv oqimining potensial va kinetik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan inshootlardir. GESlar qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, ekologik toza elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

GESlarning ishlash asosiy prinsipi suv oqimining mexanik energiyasini gidroturbinada aylanish energiyasiga o‘tkazish va generator orqali elektr energiyasini hosil qilishga asoslangan. Bunda quyidagi bosqichlar amalga oshiriladi:

- Suv to‘g‘on yoki suv omborida to‘planadi.
- Suv gidroturbinaga yuqori bosim ostida yo‘naltiriladi.
- Turbina harakati natijasida generator elektr energiya ishlab chiqaradi.

- Transformatorlar yordamida elektr energiya uzatiladi va iste’molchilarga yetkaziladi.

GES turlari GESlar tuzilishiga ko‘ra quyidagi turlarga bo‘linadi:

- **To‘g‘onli GES** – suv oqimini to‘g‘on yordamida to‘xtatib, katta suv bosimi hosil qilinadi va turbinalarni harakatlantirish uchun ishlatiladi.
- **Oqimli GES** – tabiiy suv oqimidan foydalanib, kichik quvvatli elektr energiya ishlab chiqariladi.
- **GAES** – energiya talab yuqori bo‘lmagan paytlarda suv yuqori rezervuarga chiqariladi va yuqori talab paytida qayta tushiriladi, bu esa energiya balansini saqlashga yordam beradi.

4. GESlarning afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari:

- Qayta tiklanuvchi va ekologik toza energiya manbai.
- Uzoq muddatli ekspluatatsiya va kam ekspluatatsion xarajatlar.
- Suv omborlari sug‘orish va ichimlik suvi ta’minoti uchun ham foydali bo‘lishi mumkin.

Kamchiliklari:

- Qurilish xarajatlari yuqori.
- Ekologik muammolar, jumladan, suv ekotizimiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin.
- Ba’zi hollarda aholining ko‘chirilishiga sabab bo‘lishi mumkin.

5. GESning atrof-muhitga ta’siri GESlar ekologik muhitga turli ta’sir ko‘rsatishi mumkin:

- Daryolarning tabiiy ekotizimiga ta’sir etishi.
- Baliqlar va suv jonzotlari yashash joylarining o‘zgarishi.
- Issiqlik emissiyasi va suvning bug‘lanish darajasining oshishi.

Gidroelektr stansiyalar global energetika tizimining muhim qismlaridan biri bo‘lib, barqaror rivojlanish uchun katta ahamiyatga ega. Ularning samarali ishlatilishi energiya yetkazib berishda barqarorlikni ta’minlaydi va atrof-muhitni muhofaza qilishga yordam beradi.

Gidroelektr stansiyaning ishlab chiqarish quvvati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P = \eta \rho g Q H$$

bu yerda:

- η – samaradorlik koeffitsienti,
- ρ – suv zichligi ($1000\ kg/m^3$),
- g – erkin tushish tezlanishi ($9.81\ m/s^2$),
- Q – suv sarfi (m^3/s),
- H – suvning tushish balandligi (m).

Shamol elektr stansiyalari (SHES)

Shamol elektr stansiyalari (ShES) – shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiya atrof-muhitga zarar yetkazmasdan barqaror energiya ishlab chiqarish imkonini beradi.

SHESlarning ishlash prinsipi quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

- Shamol harakatining kinetik energiyasi turbinaning parraklarini aylantiradi.
- Aylanuvchi harakat elektr generatoriga uzatiladi.
- Generator harakati natijasida elektr energiyasi ishlab chiqariladi.
- Elektr energiyasi transformator orqali iste’molchilarga yetkaziladi [2].

3. Shamol elektr stansiyalari turlari SHESlar quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

- **Quruqlikdagi (onshore) SHES** – quruqlik hududlarida o‘rnatilgan bo‘lib, shamol resurslari yaxshi bo‘lgan hududlarda samarali ishlaydi.
- **Dengizdagi (offshore) SHES** – dengiz yoki okean ustida joylashgan bo‘lib, kuchli va barqaror shamol oqimlaridan foydalanadi.
- **Gibrid tizimlar** – quyosh panellari yoki boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan birgalikda ishlaydigan stansiyalar.

4. Shamol energetikasining afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari:

- Toza va qayta tiklanuvchi energiya manbai.
- Atmosferaga zararli chiqindilar chiqarmaydi.

- Elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun yonilg‘iga ehtiyoj yo‘q.
- Uzoq muddatli foydalanish imkoniyati bilan iqtisodiy jihatdan foydali.

Kamchiliklari:

- Shamolning barqaror emasligi sababli energiya ishlab chiqarish darajasi o‘zgarishi mumkin.
- Shamol turbinalari qurilishi va o‘rnatilishi katta mablag‘ talab qiladi.
- Yashash hududlarida shovqin va vizual muammolar keltirib chiqarishi mumkin.
- Qushlar va yovvoyi tabiat uchun xavf tug‘dirishi mumkin.

Shamol elektr stansiyalari kelajakdagi barqaror energiya tizimining muhim qismi bo‘lib, energiya yetkazib berish barqarorligini oshirishga yordam beradi. Ularning keng qo‘llanilishi energiya xavfsizligini ta’minlash va atrof-muhitni muhofaza qilishga katta hissa qo‘shadi.

Shamol turbinasining quvvati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3$$

bu yerda:

- C_p – Betz limiti (≈ 0.59),
- ρ – havoning zichligi,
- A – turbina rotori yuzasi,
- v – shamol tezligi.

Quyosh elektr stansiyalari (QES)

Quyosh elektr stansiyalari (QES) – quyosh energiyasidan foydalanib, elektr energiya ishlab chiqaruvchi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biridir. Ushbu texnologiya ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lib, energiya mustaqilligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Quyosh elektr stansiyalari quyidagi asosiy komponentlar orqali ishlaydi:

- **Fotoelektr panellar** – quyosh nurlarini qabul qilib, ularni elektr energiyaga aylantiradi.

- **Invertorlar** – fotoelektr panellar tomonidan hosil qilingan doimiy tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiradi.
- **Batareyalar (energiya saqlash tizimi)** – ishlab chiqarilgan energiyani saqlaydi va talab bo‘yicha ta’minlaydi.
- **Elektr tarmog‘i** – ishlab chiqarilgan energiyani iste’molchilarga yetkazib beradi.

Quyosh elektr stansiyalari quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

- **Fotoelektrik (PV) stansiyalar** – quyosh nurlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyaga aylantiradi.
- **Issiqlik quyosh stansiyalari** – quyosh nurlari yordamida issiqlik energiyasini yig‘ib, turbinani harakatga keltirib elektr energiya ishlab chiqaradi.
- **Gibrid tizimlar** – quyosh energiyasini shamol yoki boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan kombinatsiyalangan holda ishlaydi.

Quyosh energetikasining afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari:

- Toza va cheksiz energiya manbai.
- Atmosferaga zararli chiqindilar chiqarmaydi.
- Elektr energiyasini ishlab chiqarishda operatsion xarajatlar past.
- Mustaqil va uzoq muddatli energiya ta’minoti.

Kamchiliklari:

- Quyosh nurlarining intensivligi ob-havoga bog‘liq.
- Fotoelektr panellarning yuqori boshlang‘ich narxi.
- Katta maydon talab etadi.
- Batareyalar va saqlash tizimlari qo‘shimcha xarajatni talab qiladi.

Quyosh elektr stansiyalari global energetika tizimining ajralmas qismi bo‘lib, energiya ta’minotida barqarorlikni ta’minlaydi. Ushbu texnologiyaning keng tarqalishi kelajakda ekologik muammolarni kamaytirish va iqtisodiy rivojlanishni qo‘llab-quvvatlashda katta rol o‘ynaydi [3].

Quyosh panellari tomonidan ishlab chiqariladigan quvvat:

$$P = \eta A S$$

bu yerda:

- η – panel samaradorligi,
- A – quyosh paneli yuzasi,
- S – quyosh nurlanish quvvati.

Har bir elektr stansiyasi turli afzalliklarga ega bo‘lsa-da, barqaror energiya ishlab chiqarish uchun qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish tobora muhim bo‘lib bormoqda. Issiqlik, gidro, shamol, quyosh va atom elektr stansiyalari orasida barqaror va ekologik toza yechimlar kelajakda ustuvor yo‘nalish bo‘lib qoladi.

1.2 Elektr energiyasini uzatish tarmoqlari

Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash zamonaviy energetika tizimining asosiy komponentlari hisoblanadi. Elektr energiyasi elektr stansiyalarda ishlab chiqarilgandan so‘ng, iste’molchilarga yetkazib berish uchun maxsus uzatish tarmoqlari orqali uzatiladi.

Elektr energiyasini uzatish tarmoqlari yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari (EUL) va past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlaridan iborat bo‘lib, ular elektr energiyasini iste’molchilarga yetkazish uchun uchun ishlatiladi.

Elektr energiyasini uzatish quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat:

Elektr stansiyalar – Elektr energiyasi ishlab chiqariladi.

2-rasm. Issiqlik elektr stansiyasi.

Transformator podstansiyalari – Elektr kuchlanishini oshirish yoki pasaytirish uchun ishlatiladi.

3-rasm. Transformator podstansiyasi.

Yuqori kuchlanishli uzatish liniyalari (EUL) – Elektr energiyasini uzoq masofalarga yetkazib beradi.

4-rasm. Yuqori kuchlanishli uzatish liniyalari.

Taqsimlash qurilmalari – Elektrni iste'molchilarga taqsimlaydi.

5-rasm. Taqsimlash tarmoqlari.

Iste’molchilar – Elektr energiyasidan foydalanuvchilar (uy xo‘jaliklari, zavodlar, sanoat obyektlari).

Elektr energiyasini uzatish tarmoqlari mustahkam, ishonchli va samarali bo‘lishi kerak, chunki elektr tarmog‘idagi uzilishlar butun sanoat va iqtisodiyotga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Elektr uzatish tizimi quvvat va masofaga qarab quyidagi turlarga bo‘linadi:

Yuqori kuchlanishli elektr uzatish tarmoqlari

110 kV, 220 kV, 330 kV, 500 kV, 750 kV, 1150 kV, 1500 kV kuchlanishlarda ishlaydi.

Asosan elektr stansiyadan uzoq masofalarga elektr uzatish uchun ishlatiladi.

Yuqori kuchlanishdan foydalanish energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi, chunki tok past bo‘ladi va quvvat yo‘qotishlari kam bo‘ladi.

Havo liniyalari va kabelli liniyalar bo‘lishi mumkin.

O‘rta kuchlanishli uzatish tarmoqlari

6 kV, 10 kV, 35 kV va 110 kV kuchlanishda ishlaydi.

Shaharlar, tumanlar va zavodlar orasida elektr energiyasini uzatish uchun ishlatiladi.

Past kuchlanishli elektr uzatish tarmoqlari

220 V, 380 V, 400 V, 660 V kuchlanishda ishlaydi.

Elektr energiyasini uy xo‘jaliklari, do‘konlar va kichik korxonalarga yetkazib beradi.

Tarmoqlar shahar, qishloq va sanoat hududlarida mavjud bo‘ladi [3-4].

1.3 Elektr energiyasini taqsimlash

Elektr energiyasini taqsimlash barcha kuchlanishlar qatori bo‘yicha amalga oshiriladi. Taqsimlashdan asosiy ko‘zlangan maqsad – iste’molchilarning joylashuv o‘rniga bog‘liq holda havo liniyalarini ajratish, bu jarayon yuqori va quyi kuchlanishlarda amalga oshiriladi. Bundan tashqari taqsimlash jarayoni ite’molchilarning energiya iste’moli kuchlanishi turlicha bo‘lganda hamda energiya iste’moli harakteridan kelib chiqqan holda amalga oshiriladi.

Energetika tizimida taqsimlash jarayonlari aniq hisoblashlar orqali amalga oshiriladi. Taqsimlashda asosan Kirxgof qonunidan foydalaniladi.

Elektr energiyasini taqsimlashda Kirxgof qoidalari asosiy tamoyillardan biri hisoblanadi. Elektr tarmoqlari orqali quvvat oqimining taqsimlanishi tugunlar va konturlar asosida tavsiflanadi.

Kirxgof qoidalari elektr energiyasining saqlanish qonuni va Om qonuni asosida tarmoqlardagi tok va kuchlanishlarni hisoblashda ishlatiladi.

Kirxgofning ikkita asosiy qoidasi

1. Tugun qoidasi – toklarning algebraik yig‘indisi nolga teng.

Tugun – bu tarmoqdagi bir nechta simlarning birlashgan nuqtasi.

Kirxgofning birinchi qoidasi zaryadning saqlanish qonuniga asoslanadi, ya’ni tugunga kelayotgan barcha toklarning yig‘indisi undan chiqayotgan toklarning yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Matematik ifodasi:

$$\sum I_{kirish} = \sum I_{chiqish} \quad (1)$$

ya’ni:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \quad (2)$$

bu yerda:

I_1, I_2 – tugunga kirayotgan toklar,

I_3, I_4, I_5 – tugundan chiqayotgan toklar.

Transformator podstansiyalarida energiya taqsimotini hisoblash, elektr tarmoqlardagi toklarni balanslash.

Misol:

Agar elektr podstansiyasining bir tuguniga 100 A tok kirsa va undan 40 A va 30 A chiqsa, qolgan chiqish toki:

$$100A = 40A + 30A + I_x$$

$$I_x = 100 - 40 - 30 = 30A$$

Shunday qilib, oxirgi tarmoqdagi tok 30 A bo‘lishi kerak.

Kirxofning ikkinchi qoidasi energiyaning saqlanish qonuniga asoslanadi, ya’ni kontur bo‘ylab harakatlanayotganda kuchlanishlar algebraik yig‘indisi nolga teng bo‘ladi.

$$\sum U = 0$$

yoki:

$$U_1 - U_2 - U_3 = 0$$

bu yerda:

U_1 – kuchlanish manbai (masalan, generator yoki transformator chiqishi),

U_2, U_3 – kontur bo‘ylab qarshilik va yuklamalar tushiradigan kuchlanishlar [5].

Tushuncha: Har qanday yopiq elektr konturda manba kuchlanishlari va sarflangan kuchlanishlar teng bo‘lishi kerak.

Qo‘llanilishi: Elektr energiyasi taqsimotida kuchlanish yo‘qotishlarini hisoblash, energiya balansini saqlash.

Misol:

Agar 10 kV podstansiyadan chiqayotgan quvvatni taqsimlashda liniyada 3 kV yo‘qotish bo‘lsa, iste’molchilarga yetib boradigan kuchlanish:

$$10kV - 3kV = 7kV$$

bu esa iste’molchi tarmog‘ining ishlash sharoitiga bog‘liq holda normallashtirilishi kerak.

1.4 Elektr energiyasi tizimining barqarorligi va samaradorligi

Elektr energiyasi tizimi zamonaviy jamiyatning eng muhim infratuzilmalaridan biri bo‘lib, uning barqarorligi va samaradorligi elektr ta’minotining ishonchliligini ta’minlash uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Barqarorlik – Elektr energiya tizimining turli sharoitlarda ishlash qobiliyatini saqlab qolishi, o‘z-o‘zini tiklashi va uzilishlarsiz ishlashini ta’minlashidir.

Samaradorlik – Elektr energiya tizimining minimal yo‘qotishlar bilan maksimal foyda berish qobiliyatidir.

Elektr tizimining barqarorligi uch asosiy turga bo‘linadi:

Dinamik barqarorlik – Elektr tizimining kichik tebranish va uzilishlarga tezda moslashishi va normal holatga qaytishi.

Statik barqarorlik – Elektr tarmog‘ida yuklamaning o‘zgarishi sharoitida tizim muvozanatini saqlash.

O‘tkazuvchan barqarorlik – Yirik avariyalar va nosozliklar sodir bo‘lganda tizimning tiklanish qobiliyati.

Elektr tokini barqarorligini ta’minlovchi omillar

Kuchlanish barqarorligi – kuchlanishning keskin o‘zgarishlariga chidamlilik.

Chastota barqarorligi – 50 Hz chastota doirasida ishlashni saqlash.

Tarmoqning rezervlash darajasi – avariya yuz berganda zaxira quvvatlarni ishga tushirish.

Yuklamalarni optimallashtirish – o‘rtacha yuklama ostida tizimni optimal ishlashga moslashtirish.

Elektr tizimining barqarorligi uchun chora-tadbirlar

Energiya taqsimotini optimallashtirish – Elektr energiyasining iste’molchilarga eng samarali usulda yetkazilishi.

Transformator va generatsiya uskunalarini modernizatsiya qilish – Kam quvvat yo‘qotadigan uskunalarni joriy qilish.

Aqlli energiya tarmoqlarini (Smart Grid) qo‘llash – Tizimni real vaqtda monitoring qilish va avtomatlashtirish.

Nazorat savollari

1. Elektr energiyasini ishlab chiqarish jarayoni qanday energiya turlariga asoslanadi va u qanday stansiyalar yordamida amalga oshiriladi?
2. Issiqlik elektr stansiyalarida energiya qanday manbadan olinadi va u qanday jarayonlar orqali elektr energiyasiga aylantiriladi?
3. Gidroelektr stansiyalari qanday ishlaydi va suv oqimining energiyasi qanday qilib elektr energiyasiga aylantiriladi?
4. Shamol elektr stansiyalarining ishlash prinsipi qanday va u qanday joylarda samarali ishlaydi?

5. Quyosh energiyasidan elektr energiyasi olishning asosiy usullari qanday va ular qanday afzalliklarga ega?
6. Elektr energiyasini ishlab chiqarishda qayta tiklanadigan va qayta tiklanmaydigan energiya manbalari qanday farqlanadi?
7. Elektr energiyasini uzatish va taqsimlash qanday tizimlar orqali amalga oshiriladi?
8. Zamonaviy energiya manbalaridan foydalanish ekologik jihatdan qanday afzalliklarga ega?
9. Elektr energiyasini tejashning samarali usullari qanday?
10. Kelajakda elektr energiyasini ishlab chiqarish bo‘yicha qanday yangi texnologiyalar rivojlanishi kutilmoqda?

1.2 Muqobil energiya manbalarining umumiy tavsifi va turlari

Reja:

2.1 Muqobil energiya manbalarining umumiy tavsifi.
2.2 Muqobil energiya manbalarining texnologik rivojlanishi va qo‘llanilishi
2.3 Muqobil energiya manbalarining istiqbollari va rivojlanish tendensiyalari

1. Muqobil energiya manbalarining umumiy tavsifi

Energetika tizimi bugungi kunda insoniyat taraqqiyotining muhim tayanchlaridan biri hisoblanadi. An’anaviy energiya manbalarining cheklanganligi va ularning ekologik muammolarni keltirib chiqarishi sababli muqobil energiya manbalariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Muqobil energiya manbalari deganda qayta tiklanadigan tabiiy resurslar orqali olinadigan energiya tushuniladi. Bular quyosh energiyasi, shamol energiyasi, gidroenergetika, biomassa, geotermal va vodorod energiyasini o‘z ichiga oladi. Ushbu energiya manbalari an’anaviy yoqilg‘i turlariga qaraganda ekologik jihatdan xavfsizroq va uzoq muddat foydalanish uchun qulaydir [6].

Muqobil energiya manbalarining ahamiyati quyidagi omillar bilan bog‘liq:
Resurslarning barqarorligi – Quyosh, shamol, suv va geotermal energiya tabiiy jarayonlar orqali doimiy ravishda tiklanadi va cheklanmagan hajmda mavjud.
Atrof-muhitga ta’sirning kamligi – An’anaviy yoqilg‘ilar bilan solishtirilganda, muqobil energiya manbalari atmosfera va suv havzalariga zararli chiqindilarni kamroq chiqaradi.

Energetik xavfsizlik – Ko‘plab davlatlar energiyaga bo‘lgan ehtiyojni import qilingan yoqilg‘ilar hisobidan qondiradi. Muqobil energiya manbalari esa energiya mustaqilligini ta’minlashga yordam beradi.
Iqtisodiy samaradorlik – Dastlabki investitsiya talab etilgan bo‘lsa-da, muqobil energiya texnologiyalari uzoq muddatda arzon va samarali bo‘lib, energiya narxlarining barqarorligini ta’minlaydi.

Muqobil energiya manbalarining jadal rivojlanishi va qo‘llanilishi XXI asr energetika strategiyasining asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Xususan,

xalqaro hamjamiyat Parij kelishuvi doirasida uglerod chiqindilarini kamaytirish va iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish bo‘yicha qat’iy majburiyatlarni bajarmoqda. Ko‘pgina mamlakatlar, jumladan, Germaniya, Xitoy va AQSh, qayta tiklanadigan energiya texnologiyalariga katta mablag‘ sarflamoqda.

Dunyo bo‘ylab energiya iste’moli o‘sib borayotganini inobatga olsak, muqobil energiya manbalari kelajakda barqaror energiya ta’minotini ta’minlashda muhim rol o‘ynashi aniq. Shu boisdan ushbu texnologiyalarning rivojlanishi va qo‘llanilishi yanada kengayib boradi [7].

2. Muqobil energiya manbalarining texnologik rivojlanishi va qo‘llanilishi

Bugungi kunda muqobil energiya manbalari texnologik jihatdan sezilarli rivojlanish bosqichini bosib o‘tmoqda. Ularning keng ko‘lamda qo‘llanilishi global energiya ta’minotining barqarorligini ta’minlashga xizmat qilmoqda. Ilmiy-tadqiqot ishlari natijasida yangi texnologiyalar joriy etilib, ularning samaradorligi oshmoqda va iqtisodiy jihatdan raqobatbardoshligi mustahkamlanmoqda.

Muqobil energiya manbalarining rivojlanishini quyidagi asosiy yo‘nalishlar bo‘yicha tahlil qilish mumkin:

1. Quyosh energiyasi texnologiyalarining rivojlanishi

Quyosh energiyasi muqobil energetikaning eng muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, uning texnologik rivojlanishi so‘nggi yillarda jadal sur’atlarda davom etmoqda. Fotovoltaik panellar (PV) va konsentrlangan quyosh energiyasi tizimlari (CSP) ushbu sohada keng qo‘llanilmoqda.

Fotovoltaik panellar – So‘nggi avlod quyosh panellari yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, ularning konversiya koeffitsiyenti 20-25% ni tashkil etadi. Shuningdek, yangi avlod tandem panellar ishlab chiqilib, ular quyosh nurlaridan maksimal darajada foydalanish imkonini bermoqda.

Konsentrlangan quyosh elektr stansiyalari (CSP) – Ushbu texnologiya yirik sanoat korxonalarini energiya bilan ta’minlash uchun ishlatiladi. CSP tizimlari yordamida issiqlik energiyasi maxsus materiallarda saqlanib, kechasi ham elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyati yaratilmoqda [8].

2. Shamol energiyasi texnologiyalarining rivojlanishi

Shamol energiyasi texnologiyalari so‘nggi yillarda aerodinamik tuzilishlarning takomillashtirilishi va shamol turbinalari quvvatining ortishi hisobiga jadal rivojlanmoqda. Shamol turbinalari yirik elektr stansiyalarida ishlatilish bilan bir qatorda kichik hajmdagi mustaqil energiya manbai sifatida ham keng qo‘llanilmoqda.

Okean va dengizdagi shamol elektr stansiyalari – Dengiz shamollari quruqlikdagilarga qaraganda barqarorroq bo‘lgani sababli, ko‘plab mamlakatlar dengiz shamol elektr stansiyalarini rivojlantirmoqda.

Shamol turbinalarining samaradorligini oshirish – Bugungi kunda yangi avlod turbinalari ishlab chiqilib, ularning pichoqlari yengil va mustahkam materiallardan tayyorlanmoqda, bu esa ularning samaradorligini oshirishga imkon beradi [9].

3. Gidroenergetika va okean energiyasi

Gidroelektr stansiyalar (GES) qayta tiklanadigan energiyaning asosiy qismini tashkil qiladi. An’anaviy gidroenergetikadan tashqari, hozirgi kunda kichik va mikro GES texnologiyalari ham rivojlanmoqda.

Mikro GES – Kichik daryolar va kanallar oqimidan foydalanib, mahalliy hududlarni energiya bilan ta’minlash imkonini beradi.

Tidal (to‘lqin) va dalga energiyasi – Okean to‘lqinlaridan foydalanish bo‘yicha yangi texnologiyalar ishlab chiqilmoqda. Masalan, suv ostidagi turbinalar yordamida dengiz oqimlaridan energiya olish mumkin [10].

4. Biomassa va geotermal energiya

Biomassa energiyasi, ya’ni organik chiqindilardan energiya olish texnologiyalari rivojlanib, ularning ekologik tozaligi ta’minlanmoqda. Biomassa yoqilg‘isi sanoat va qishloq xo‘jaligida keng qo‘llanilmoqda.

Biogaz texnologiyalari – Qishloq xo‘jalik chiqindilari, maishiy chiqindilar va kanalizatsiya suvlaridan biogaz olish texnologiyalari rivojlanmoqda.

Geotermal elektr stansiyalar (GES) – Yer osti issiqligidan foydalanish orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish texnologiyalari mukammallashmoqda. Ayniqsa, chuqur burg‘ilash usullari va yangi issiqlik almashish tizimlari samaradorlikni oshirmoqda [11].

5. Vodorod energiyasi texnologiyalari

So‘nggi yillarda vodorod energiyasi barqaror va ekologik toza energiya manbai sifatida keng e’tiborni tortmoqda. “Yashil vodorod” ishlab chiqarish texnologiyalari rivojlanib, ularning iqtisodiy jihatdan maqbulligi oshmoqda. Vodorod avtomobillari, sanoat korxonalari va energetika tarmoqlarida qo‘llanilmoqda.

Muqobil energiya manbalarining texnologik rivojlanishi energiya samaradorligini oshirish, atrof-muhitni muhofaza qilish va energiya xavfsizligini ta’minlashga xizmat qilmoqda. Kelajakda ushbu texnologiyalar yanada rivojlanib, global energetika tizimining asosiy qismini tashkil etishi kutilmoqda [12].

3. Muqobil energiya manbalarining istiqbollari va rivojlanish tendensiyalari

Muqobil energiya manbalari global miqyosda barqaror rivojlanayotgan sohalardan biri bo‘lib, kelajakda an’anaviy energiya manbalariga bo‘lgan qaramlikni kamaytirish va atrof-muhitga ta’sirni minimallashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Ularning rivojlanish istiqbollari ilmiy tadqiqotlar, iqtisodiy omillar, davlat siyosati va xalqaro kelishuvlarga bog‘liq bo‘lib, XXI asrning o‘rtalariga borib energiya ta’minotining asosiy qismini tashkil etishi kutilmoqda [13].

Muqobil energiya manbalarining kelajakdagi rivojlanishini quyidagi asosiy yo‘nalishlarda ko‘rib chiqish mumkin:

1. Quyosh energiyasining istiqbollari

Quyosh energiyasi dunyo bo‘ylab eng tez rivojlanayotgan muqobil energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, 2050 yilga borib quyosh energetikasi global elektr energiyasining 30-40% ini ta’minlashi mumkin [14].

Yangi avlod quyosh panellari – Organik quyosh panellari, tandem fotovoltaik texnologiyalar va perovskit asosidagi quyosh batareyalari hozirgi silikon panellarga nisbatan ancha samarador va arzon bo‘lishi kutilmoqda.

Energiya saqlash tizimlari – Quyosh energiyasini barqaror tarzda ta’minlash uchun ilg‘or batareya texnologiyalari (masalan, litiy-ion, natriy-ion, vodorod saqlash tizimlari) rivojlanmoqda [15].

Sun’iy intellekt va aqlli tarmoqlar – Quyosh energiyasi ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va energiya uzatish tizimlarini samarali boshqarish uchun sun’iy intellekt texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda.

2. Shamol energetikasining istiqbollari

Shamol energiyasi texnologiyalarining takomillashuvi natijasida shamol elektr stansiyalarining quvvati oshib bormoqda. Katta diametrli rotorlar, aerodinamik pichoqlar va ilg‘or generatorlar ishlab chiqilmoqda.

Dengiz shamol stansiyalari – Ochiq dengizda joylashgan shamol elektr stansiyalari shamol resurslaridan yanada samarali foydalanish imkonini bermoqda. Kelajakda dengiz shamol energiyasining narxi sezilarli darajada kamayishi kutilmoqda [16].

Yuqori balandlikdagi shamol turbinalari – Stratosferada joylashgan havoda uchuvchi shamol turbinalari (Airborne Wind Energy Systems) energiya ishlab chiqarishning yangi yo‘nalishi bo‘lishi mumkin.

Shamol energiyasi bilan vodorod ishlab chiqarish – Shamol elektr stansiyalarining ortiqcha energiyasidan foydalangan holda yashil vodorod ishlab chiqarish texnologiyalari rivojlanmoqda.

3. Gidroenergetikaning istiqbollari

Gidroenergetika hozirgi vaqtda eng barqaror va ishonchli energiya manbalaridan biri bo‘lib, uning kelajakdagi rivojlanishi quyidagicha kechishi kutilmoqda:

Kichik va mikro GESlar – Katta gidroelektr stansiyalarga nisbatan kichik GESlar ekologik jihatdan xavfsiz bo‘lib, qishloq hududlari uchun muhim energiya manbai bo‘lishi mumkin.

Okean energiyasi – To‘lqin va dengiz oqimlaridan foydalanish bo‘yicha yangi texnologiyalar ishlab chiqilmoqda. Masalan, suv osti turbinalari orqali dengiz oqimlaridan doimiy elektr energiyasi olish imkoniyati yaratilmoqda [17].

4. Biomassa va geotermal energiyaning rivojlanishi

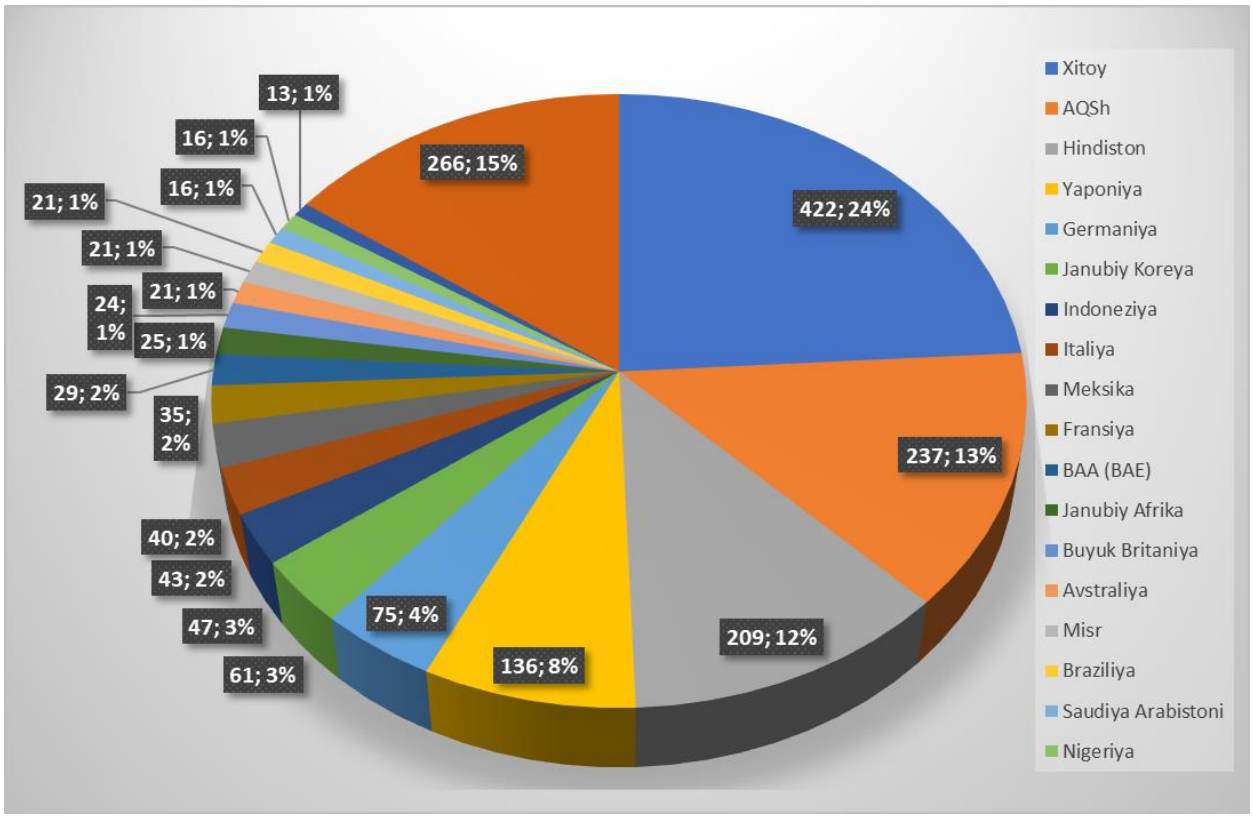
Biomassa va geotermal energiya ekologik toza energiya manbalari bo‘lib, ularning rivojlanishi atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan energiya ishlab chiqarish imkonini beradi.

Biogaz va bioyoqilg‘ilar – Kelajakda qishloq xo‘jalik chiqindilaridan biogaz ishlab chiqarish texnologiyalari yanada takomillashishi va avtomobil transportida keng qo‘llanilishi kutilmoqda.

Yuqori haroratli geotermal stansiyalar – Geotermal energiyadan foydalanish uchun chuqur burg‘ilash texnologiyalari rivojlanmoqda. Yer osti issiqligidan energiya ishlab chiqarish samarasini oshirish bo‘yicha yangi tadqiqotlar olib borilmoqda [18].

5. Vodorod iqtisodiyotining rivojlanishi

Vodorod energetikasi kelajakda an’anaviy yoqilg‘ilarga muqobil bo‘lishi mumkin. “Yashil vodorod” ishlab chiqarish jarayonlari energiya ta’minotining barqarorligini ta’minlaydi.



6-rasm. "2030-yilga mo‘ljallangan mamlakatlar bo‘yicha quyosh fotoelektr quvvati prognozi (GW)"

Vodorod yoqilg‘isi bilan ishlovchi transport vositalari – Elektr transportidan tashqari, vodorod yonilg‘ili mashinalar va samolyotlar ham jadal rivojlanmoqda. Vodorod saqlash va uzatish texnologiyalari – Yangi avlod katalizatorlar va yuqori zichlikdagi vodorod saqlash tizimlari ishlab chiqilmoqda.

Muqobil energiya manbalarining rivojlanishi kelajak energetika tizimining asosiy qismi bo‘lishi kutilmoqda. Quyosh, shamol, gidro, biomassa va vodorod energetikasi sohalarida amalga oshirilayotgan ilmiy tadqiqotlar natijasida ularning samaradorligi oshib, iqtisodiy jihatdan raqobatbardoshligi kuchaymoqda. Davlatlar va xususiy sektor tomonidan bu sohalarga katta sarmoya kiritilmoqda. Kelajakda muqobil energiya texnologiyalarining yanada takomillashishi global issiqxona gazlari chiqindisini kamaytirishga va barqaror energiya tizimini yaratishga xizmat qiladi [19].

Nazorat savollari

1. Muqobil energiya manbalari an’anaviy energiya manbalaridan qanday farqlanadi?
2. Quyosh energiyasidan foydalanishning asosiy texnologik usullari qanday?
3. Shamol energetikasi qanday ishlaydi va uning asosiy afzalliklari nimada?
4. Biomassa energiyasidan qanday yo‘llar bilan foydalanish mumkin?
5. Geotermal energiya qanday olinadi va undan qaysi sohalarda foydalaniladi?
6. Muqobil energiya manbalarining ekologik afzalliklari nimada?
7. Dunyo bo‘ylab muqobil energiya manbalaridan foydalanish bo‘yicha qanday tendensiyalar mavjud?
8. Muqobil energiya manbalarining iqtisodiy samaradorligi qanday baholanadi?
9. Kelajakda muqobil energiya sohasida qanday texnologik o‘zgarishlar kutilmoqda?
10. O‘zbekistonda muqobil energiyadan foydalanish istiqbollari qanday?

1.3 Quyosh energiyasi: fotovoltik panellar va quyosh issiqlik stansiyalari

Reja:

1. Quyosh energiyasidan foydalanish va uning ahamiyati
2. Fotovoltik panellar: ishlash prinsipi va texnologik xususiyatlari
3. Quyosh issiqlik stansiyalari: turlari va qo‘llanilishi
4. Quyosh energiyasining rivojlanish istiqbollari va samaradorlikni oshirish usullari

1. Quyosh energiyasidan foydalanish va uning ahamiyati

Quyosh energiyasi – bu quyosh nurlaridan olinadigan toza va qayta tiklanadigan energiya manbai. Bu energiya turi termoyadroviy reaksiyalar natijasida quyosh yadrosida hosil bo'ladi va Yerga elektromagnit to'lqinlar shaklida yetib keladi. Quyosh energiyasini o'rganishda quyidagi nazariy jihatlar muhim ahamiyatga ega:

Fotovoltaik effekt – bu yarimo'tkazgich materiallar (masalan, kremniy) yordamida quyosh nurlarini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish jarayoni. Bu jarayon 1839-yilda Aleksandr-Edmond Bekkerel tomonidan kashf etilgan [20]. Fotovoltaik panellar quyosh nurlarini absorb qilib, fotonlar energiyasini elektr tokiga aylantiradi. Bu jarayon quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Bu yerda:

- η – panellar samaradorligi,
- P_{out} – ishlab chiqarilgan elektr quvvati,
- P_{in} – quyosh nurlarining kirish quvvati.

Quyosh issiqlik energiyasidan foydalanishda termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlari qo'llaniladi. Quyosh nurlari yordamida suv isitiladi yoki bug' hosil qilinadi, bu esa elektr energiyasi ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Bu jarayon quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$Q = mc\Delta T$$

Bu yerda:

- Q – issiqlik miqdori,
- m – suv massasi,

- c – suvning issiqlik sig'imi,
- ΔT – harorat o'zgarishi.

Quyosh panellari samaradorligini oshirish uchun yangi materiallar (masalan, perovskitlar) tadqiq qilinmoqda. Perovskit materiallari yuqori fotovoltaik samaradorlikka ega bo'lib, ularning samaradorligi 25% dan oshishi mumkin [21].

Fotovoltaik tizimlar quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantirish uchun ishlatiladi. Bu tizimlar quyidagi komponentlardan iborat:

- **Quyosh panellari**: Quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantiradi.
- **Inverter**: To'g'ridan-to'g'ri tokni (DC) o'zgaruvchan tokka (AC) aylantiradi.
- **Batareyalar**: Energiyani saqlash uchun ishlatiladi.

Misol uchun, Germaniyada quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha qo'llaniladigan PV tizimlar samaradorligi 20-22% atrofida [22].

CSP tizimlari quyosh nurlarini fokuslab, suvni isitish yoki bug' hosil qilish orqali elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Bu tizimlar quyidagi turlarga bo'linadi:

- **Parabolik trubkalar**: Quyosh nurlarini trubkalarga yo'naltirib, suvni isitadi.
- **Quyosh minoralari**: Markaziy qabul qilgichda quyosh nurlarini to'plab, elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Ispaniyada qo'llaniladigan CSP tizimlari quvvati 2.3 GW dan oshadi.

Aqlli tarmoqlar (**smart grids**) quyosh energiyasini boshqarish va taqsimlashda muhim rol o'ynaydi. Bu tizimlar energiya sarfini optimallashtirish va energiya uzilishlarini oldini olish imkonini beradi.

Misol: Agar quyosh paneli samaradorligi 20% bo'lsa va quyosh nurlarining kirish quvvati 1000 W/m² bo'lsa, 10 m² maydondagi panel qancha elektr energiyasi ishlab chiqaradi?

Yechim:

$$P_{out} = \eta \times P_{in} \times A$$

$$P_{out} = 0.20 \times 1000 \times 10 = 2000W$$

Misol: 50 litr suvni 20°C dan 60°C gacha isitish uchun qancha issiqlik energiyasi kerak? (Suvning issiqlik sig'imi $c = 4186$ J/kg°C)

Yechim:

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = 50 \times 4186 \times (60 - 20) = 8.37 \times 10^6 J$$

Quyosh energiyasi – bu kelajakning asosiy energiya manbai bo'lib, uning ilmiy, texnologik va iqtisodiy jihatlari chuqur o'rganilishi kerak. Quyosh energiyasidan foydalanish atrof-muhitni muhofaza qilish, energiya mustaqilligini ta'minlash va barqaror rivojlanishni qo'llab-quvvatlash imkoniyatini beradi.

2. Fotovoltik panellar: ishlash prinsipi va texnologik xususiyatlari

Fotovoltaik (PV) panellar yarimo'tkazgichli materiallar yordamida quyosh nurini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantiring. Ushbu panellar quyosh nuri fotonlari yarimo'tkazgichlar ichidagi elektronlarni qo'zg'atganda elektr tokini hosil qiladi. Bu jarayon fotovoltaik effekt deb nomlanadi.

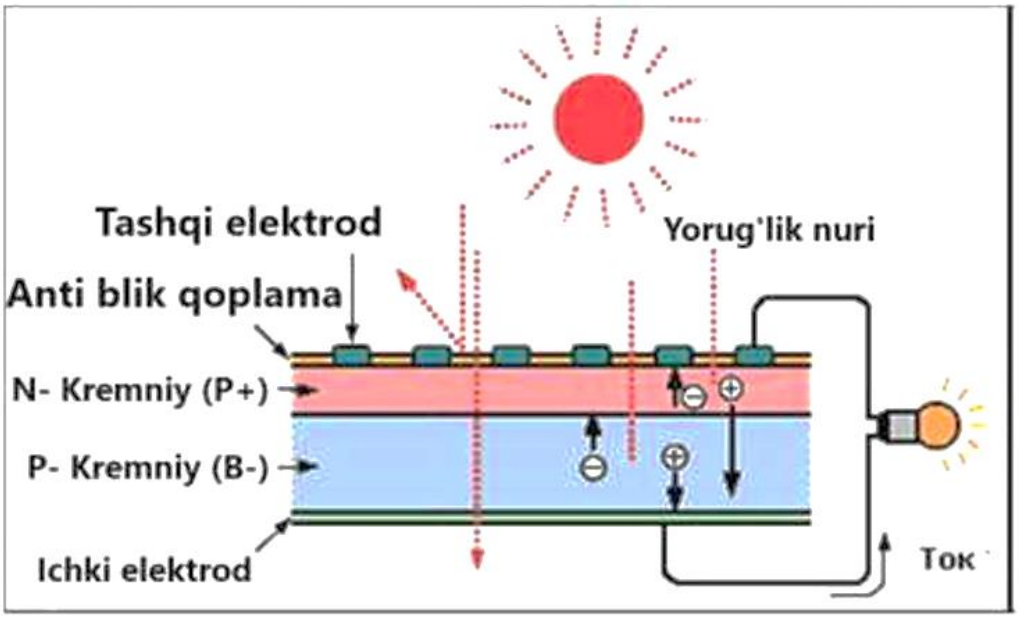
PV samaradorligiga ta'sir qiluvchi asosiy omillar:

Material turi: Monokristalli panellar ko'pincha polikristal va yupqa plyonkali texnologiyalarga nisbatan yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.

Harorat effektlari: PV panellari yuqori haroratlarda ish faoliyatini pasaytirishi mumkin.

O'rnatish burchagi: Quyoshga nisbatan optimal joylashish energiyani maksimal darajada ushlab turish imkonini beradi.

Panel dizayni: Yarim kesilgan hujayralar va ko'p shinali konstruktsiyalar kabi yangi texnologiyalar samaradorlikni oshirishi mumkin.



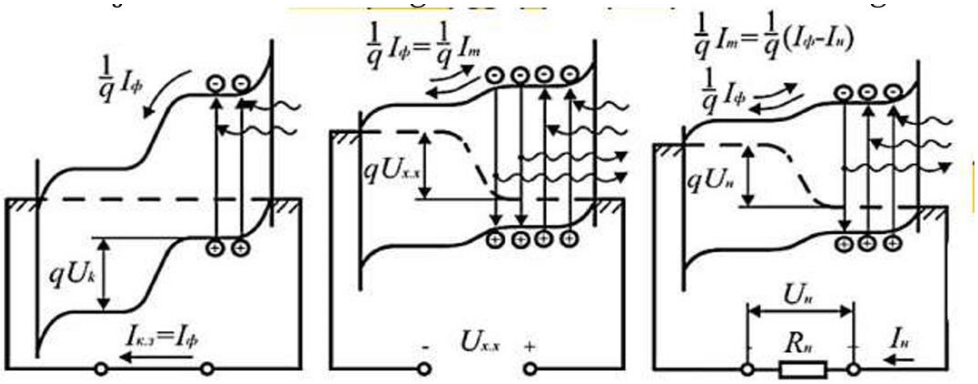
7-rasm. Fotovoltaik elementlar dizayni.

Fotovoltaik panellarning afzalliklari

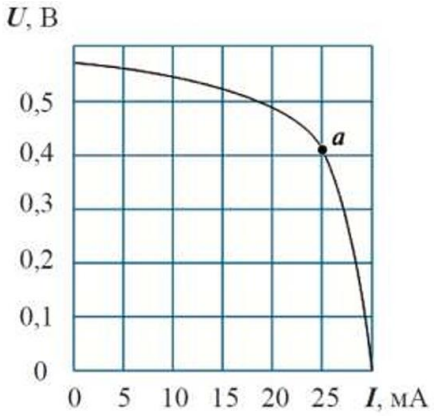
Fotovoltaik panellar fotovoltaik effekt orqali quyosh nurini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantiradi. Bu jarayon yuqori samarali bo'lib, an'anaviy quyosh issiqlik tizimlariga nisbatan ko'pincha kvadrat metrga ko'proq energiya beradi. Ular turli sirtlarga, jumladan, tomlar va jabhalarga o'rnatilishi mumkin, bu ularni shahar sharoitida ko'p qirrali qiladi.

Fotovoltaik texnologiya o'rnatilgandan so'ng minimal texnik xizmat ko'rsatishni talab qiladi. Aksariyat tizimlar 20-25 yillik kafolatlarga ega bo'lib, uzoq muddatli ishlashni ta'minlaydi. Bundan tashqari, ko'plab hududlar rag'batlantirish va chegirmalarni taklif qiladi, bu esa dastlabki investitsiyalarni moliyaviy jihatdan qulayroq qiladi.

Ushbu panellar batareyani saqlash tizimlari bilan ham birlashtirilishi mumkin. Bu xususiyat foydalanuvchilarga kun davomida ishlab chiqarilgan ortiqcha energiyani tunda yoki bulutli ob-havoda ishlatish uchun saqlash imkonini beradi va energiya mustaqilligini oshiradi.



8-rasm. Turli xil rejimlarda yoritish ostida p - n birikmasining zonalar bo‘yicha energiya diagrammalari:a - qisqa tutashuv; b - salt yurish; c - yuklama qarshiligini yoqish.



9-rasm. Quyosh elementining volt-amper tavsifi.

Fotovoltaik panellarning kamchiliklari

Fotovoltaik panellar samarali bo'lsa-da, ularning dastlabki o'rnatish narxi yuqori bo'lishi mumkin. Bu uzoq muddatli moliyaviy manfaatlarga qaramay, ba'zi foydalanuvchilarni texnologiyaga sarmoya kiritishdan to'sqinlik qilishi mumkin.

Quyosh energiyasining chiqishi ob-havo sharoiti va kunduzi-kecha davrlari tufayli o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Batareyani to'g'ri saqlamagan holda, foydalanuvchilar quyosh nuri kam bo'lgan davrda tarmoqqa tayanishi mumkin, bu esa tarmoqdan tashqari jozibadorlikni kamaytiradi.

Bundan tashqari, ko'plab panellar 25 yil yoki undan ko'proq xizmat qilish uchun mo'ljallangan bo'lsa-da, vaqt o'tishi bilan ishlashning pasayishi mumkin. Samaradorlikning asta-sekin yo'qolishi foydalanuvchilardan kutilganidan tezroq almashtirish yoki ta'mirlashga sarmoya kiritishni talab qilishi mumkin.

3. Quyosh issiqlik stansiyalari: turlari va qo‘llanilish.

Sahroi Kabir maydonining atigi 1% qismiga quyosh elektr stansiyalari o‘rnatilsa, jahonning elektr energiyasiga bo‘lgan ehtiyoji qondirilishi mumkin. Quyosh issiqlik elektr stansiyalari, ayniqsa, tropik hududlarda eng past xarajat bilan energiya ishlab chiqarish imkonini beradi. Parabolik kollektorli quyosh stansiyalari fotoeffekt o‘rniga issiqlik jarayonlaridan foydalanadi.

Hozirgi kunda quyosh issiqlik elektr stansiyalarining uch turi mavjud: **parabolik kollektorli**, **minorali**, va **Stirling tizimli** stansiyalar.

Parabolik kollektorli stansiyalarda quyosh nurlari maxsus **parabolik kollektor** orqali suyuqlikni qizdirish uchun yo‘naltiriladi. Bu kollektor parabola shaklidagi qaytargich va undagi issiqlik yutuvchi quvurdan iborat bo‘lib, quvur

parabolaning o‘qiga parallel joylashtiriladi. Samaradorlikni oshirish uchun kollektor kun davomida quyosh nuriga mos ravishda burib turiladi.

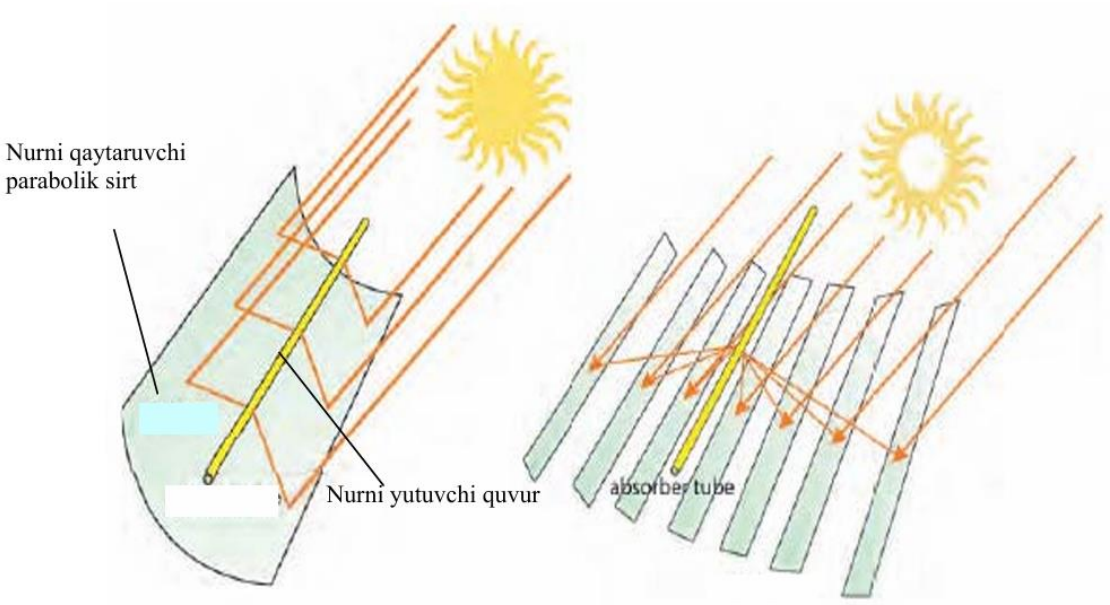
Parabolik truba tizimlari (Parabolic Trough Systems)

Bu turdagi tizimlarda yassi yoki egri shakldagi oynali reflektorlar yordamida quyosh nurlari quvur ichidagi issiqlik o‘tkazuvchi suyuqlikka yo‘naltiriladi. Issiqlik energiyasi suvni bug‘ga aylantirish uchun ishlatiladi.

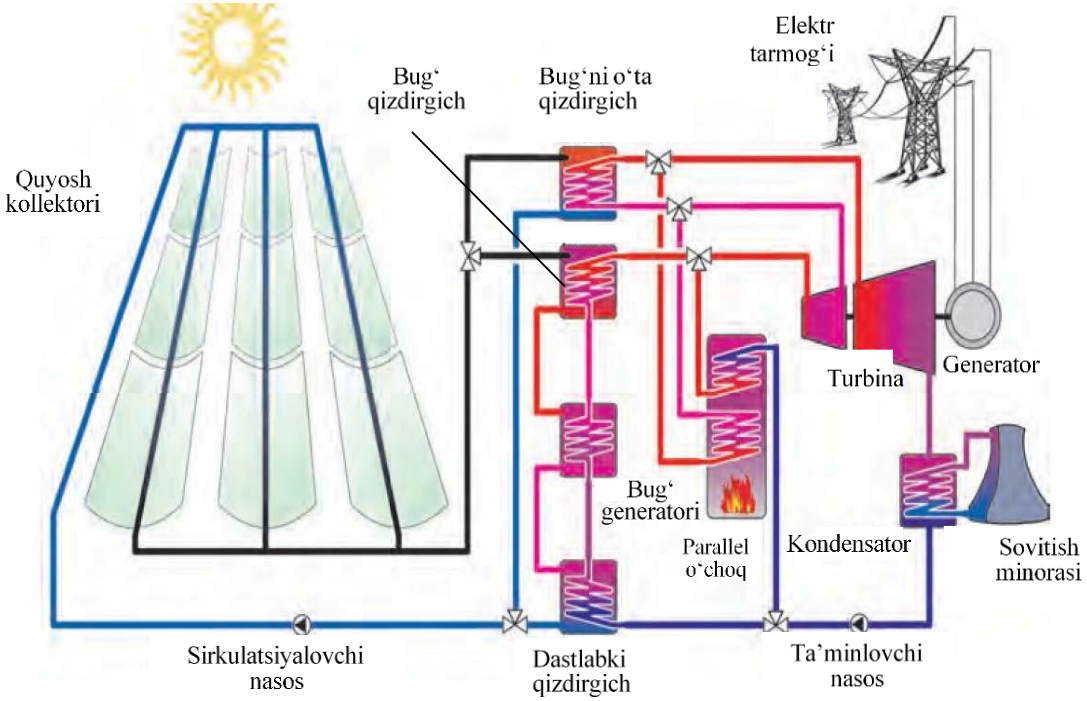
Afzalliklari:

Samaradorlik yuqori (40% gacha)

Katta miqyosda energiya ishlab chiqarish imkoniyati



10-rasm. Parabolik kollektorning prinsipial tuzilishi [1].



11-rasm. Gibrit parabolik quyosh issiqlik elektr stansiyasining prinsipial sxemasi [1].

Kamchiliklari:

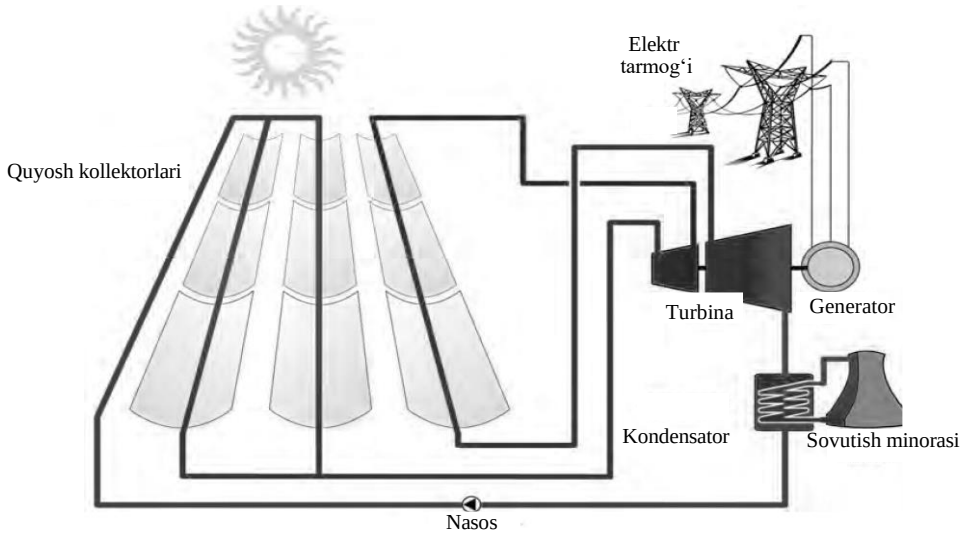
Qurilish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari yuqori

Bulutli havoda samaradorligi pasayadi

Misol: Kaliforniya (AQSh) dagi SEGS (Solar Energy Generating Systems) stansiyasi dunyodagi eng yirik parabolik truba tizimlaridan biri bo‘lib, 354 MW quvvatga ega [23].

a) b)

12- rasm. AQSHning Kaliforniya shtatida quyosh issiqlik elektr stansiyasida parabolik kollektolarning joylashuvi: a)- umumiy ko‘rinishi; b)- kollektorlarning o‘zaro joylashuvi [1].



13-rasm. Quyosh nuri energiyasi bevosita yuqori bosimli suv bug‘iga aylantiriluvchi quyosh issiqlik elektr stansiyasining prinsipial sxemasi.

Zamonaviy texnologiyalar quyosh energiyasidan samarali foydalanish va elektr energiyasi narxini pasaytirishga yo‘naltirilgan. Janubiy Ispaniyaning Almeriya shahrida quyosh nuri bevosita suv bug‘iga aylantiriladigan tizim sinovdan o‘tkazilmoqda. Bu tizimda parabolik kollektorlar suvni 400°C gacha qizdirib, bug‘ turbinasini harakatga keltiradi. Kelajakda bunday tizimlar issiqlik tashuvchi suyuqlikdan foydalanadigan stansiyalarni almashtirishi mumkin.

2007-2009 yillarda Ispaniyada 50 MVt quvvatli uchta yirik quyosh issiqlik stansiyasi qurildi. Bugungi kunda mamlakatda umumiy quvvati 1,5 GVt dan oshadigan stansiyalar qurilmoqda, ularning ba’zilari issiqlik akkumulatorlari bilan jihozlangan. AQSHda esa 950 MVt quvvatli eng yirik quyosh issiqlik stansiyasi rejalashtirilgan bo‘lib, umumiy quvvat 4,5 GVtga yetkaziladi.

Quyosh minorasi tizimlari (Solar Power Tower Systems)

Minorali quyosh issiqlik stansiyalarida quyosh nuri elektr energiyasiga boshqacha usulda o‘zgartiriladi. Bu tizimda minglab quyosh nurlarini qaytargichlar (geliostatlar) markaziy minoraning atrofida joylashadi. Geliostatlar kompyuterli nazorat tizimi yordamida nurlarni minora tepasidagi qabul qilgichga yo‘naltiradi. Qabul qilgich geliostatlar yordamida qaytarilgan nurlarning fokusida joylashib, 1000°C dan yuqori haroratgacha qiziydi. Ishchi massa (havo yoki suyuq tuz) bu issiqlikni gaz yoki bug‘ sikliga uzatib, elektr energiyasiga aylantiradi.

Bu tizimda yuzlab yoki minglab reflektorlar (heliostatlar) quyosh nurlarini bitta markaziy minora ichidagi qabul qilgichga yo‘naltiradi. Qabul qilgichdagi suyuqlik (odatda eritilgan tuz) qizdirilib, bug‘ generatorida elektr ishlab chiqariladi.

14-rasm. Minorali quyosh issiqlik stansiyasining umumiy ko‘rinishi.

Parabolik kollektorli quyosh stansiyalari bilan bir qatorda minorali quyosh stansiyalari ham ayrim davlatlarda bir necha yildan buyon ishlatilib kelinmoqda. Almeriya (Ispaniya), Barstov (AQSH) va Rehovot (Isroil)da bu tipdagi tajriba stansiyalari ishlatilib, ularda konfiguratsiya tizimlarini optimallashtirish va yangi komponentlarni sinash ishlari amalga oshirilmoqda [1].

Afzalliklari:

Yaxshi issiqlik saqlash imkoniyati

Katta miqyosda elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyati

Kamchiliklari:

Juda katta maydon talab qiladi

Qurilish xarajatlari yuqori

Misol: Ispaniyaning Gemasolar quyosh minorasi tizimi 24 soat davomida doimiy elektr ta’minotini ta’minlay oladi [24].

Dish Stirling tizimlari (Dish-Stirling Systems)

Bu tizimda parabolik reflektorlar quyosh nurlarini markaziy qabul qilgichga yo‘naltiradi. Bu joyda Stirling dvigateli yordamida issiqlik energiyasi mexanik energiyaga, keyin esa elektr energiyasiga aylantiriladi.

15-rasm. Quyosh issiqlik energiyasi asosida elektr energiya olish tizimi.

Afzalliklari:

Samaradorlik yuqori (30-35%)

Kichik hajmda ishlatilishi mumkin

Kamchiliklari:

Narxi yuqori

Davriy texnik xizmat talab etadi

Misol: AQShning Kaliforniya shtatida joylashgan Dish-Stirling tizimlari tajribaviy ravishda foydalanilmoqda [25].

Quyosh issiqlik stansiyalarining qo‘llanilishi

Quyosh issiqlik stansiyalari quyidagi sohalarda keng qo‘llaniladi:

Elektr energiyasi ishlab chiqarish – Katta quvvatga ega bo‘lgan issiqlik elektr stansiyalari sanoat miqyosida foydalaniladi.

Suv isitish va bug‘ hosil qilish – Issiqlik energiyasi sanoat jarayonlarida ishlatiladi, masalan, kimyo zavodlarida.

Issiqlik saqlash tizimlari – Eritilgan tuz texnologiyasi yordamida energiyani uzoq vaqt saqlash mumkin.

Aqlli energiya tarmoqlari – Quyosh issiqlik stansiyalari energiya tarmog‘iga ulanish orqali tarmoqlarning barqarorligini oshiradi.

Quyosh issiqlik stansiyalari zamonaviy energetikaning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ular yuqori samaradorlik va barqaror energiya ishlab

chiqarish imkoniyatiga ega. Kelajakda ushbu texnologiyalar rivojlanib, yanada samarali va arzon energiya manbaiga aylanishi kutilmoqda.

Nazorat savollari

1. Fotovoltaik effekt qanday ishlaydi va uning fizik asoslari nimalardan iborat?
2. Quyosh issiqlik elektr stansiyalari qanday ishlaydi va ularning turlari qanday?
3. Quyosh panellari samaradorligi qanday hisoblanadi?
4. CSP tizimlarining afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
5. Quyosh energiyasidan foydalanishning asosiy ekologik foydalari nimalar?

1.4 Shamol energiyasi: shamol generatorlari va ularning ishlash prinsiplari

Reja:

1. Shamol energiyasining manbalari va uning ahamiyati
2. Shamol generatorlari: tuzilishi va ishlash prinsipi
3. Shamol energetikasining rivojlanish istiqbollari va samaradorlikni oshirish usullari

1. Shamol energiyasining manbalari va uning ahamiyati

Tabiiy energiya manbalari orasida shamol energiyasi alohida o‘rin tutadi. U qayta tiklanuvchan, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lib, elektr energiyasini ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Bugungi kunda shamol energetikasi jadal rivojlanayotgan muqobil energetika sohasi hisoblanadi. Xalqaro energetika agentligining (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, dunyoda ishlab chiqarilayotgan umumiy elektr energiyasining sezilarli qismi shamol turbinalari hisobiga to‘g‘ri kelmoqda va bu ko‘rsatkich yildan-yilga ortib bormoqda [26].

Shamol energiyasining asosiy manbai Quyosh radiatsiyasi natijasida yuzaga keladigan atmosfera bosimi farqlari hisoblanadi. Quyosh haroratning notekis taqsimlanishiga sabab bo‘lib, havo oqimlarini hosil qiladi. Shamol energiyasini hosil qiluvchi omillar quyidagilardir:

- **Atmosfera bosimi farqlari** – yer yuzasining turli hududlari har xil qiziydi va soviydi, natijada shamol oqimlari yuzaga keladi.

- **Yerning aylanishi** – Coriolis kuchi tufayli havo massalari harakati turlicha yo‘nalishda bo‘ladi.
- **Geografik joylashuv** – dengizlar, cho‘llar va tog‘lik hududlarda shamolning tezligi va barqarorligi har xil bo‘ladi.

Okean va dengiz qirg‘oqlari shamol resurslari bo‘yicha boy hududlar bo‘lib, shamol turbinalarini joylashtirish uchun eng samarali joylardan hisoblanadi [27].

Shamol energetikasi barqaror rivojlanish va global energiya ta’minoti tizimini ekologik toza energiya manbalariga o‘tkazish jarayonida katta rol o‘ynaydi. Uning asosiy ahamiyati quyidagilardan iborat:

Ekologik tozaligi – shamol energetikasi issiqxona gazlari chiqindisini kamaytiradi va global isish ta’sirini pasaytiradi [28].

Qayta tiklanuvchanligi – shamol energiyasi tabiiy ravishda hosil bo‘lib, tugab qolmaydi, bu esa uni barqaror energiya manbai sifatida ajratib turadi.

Iqtisodiy samaradorligi – shamol turbinalari uzoq muddatli ishlash imkoniyatiga ega bo‘lib, elektr energiyasining tannarxini pasaytirishga yordam beradi [29].

Energiya mustaqilligi – shamol energiyasi mamlakatlar uchun energiya importiga bog‘liqlikni kamaytirish imkonini beradi.

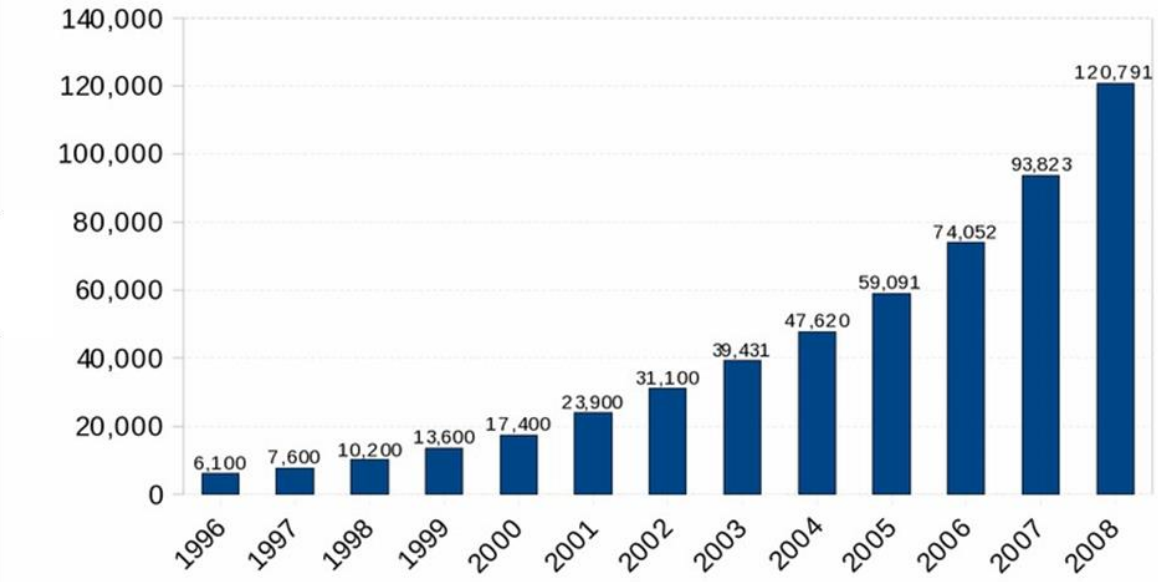
Elektr energiya ishlab chiqarishda foydaliniluvchi qayta tiklanuvchan energiya manbalaridan yana biri shamol energiyasidir. Energiyaning bu turi katta potensialga ega bo‘lib, elektr energiyaga aylantirish uchun nisbatan kam xarajatlarni talab etadi.

Shamol energetika qurilmasining tuzilishi va ishlash prinsipi oddiy. 17-rasmda shamol energiyasini elektr energiyasiga o‘zgartiruvchi qurilma – shamol turbinasining prinsipial sxemasi keltirilgan. Unda shamolning kinetik energiyasi vintning parraklariga urilib, uni harakatga keltiradi. Hosil bo‘lgan aylanma harakat kinetik energiyasi asosiy val, reduktor va tez aylanuvchan val orqali elektr generatoriga uzatiladi. Generatorda uning rotorini aylanishidagi kinetik energiya elektr energiyasiga o‘zgartiriladi.

Elektr generatori o‘zgarmas tok generatori bo‘lgan holatda u mos o‘zgarmas

tok elektr iste’molchilarini ta’minlash va akkumulatorlarni zaryadlash maqsadlarida foydalanilishi mumkin. Bunday shamol qurilmasida ishlab chiqarilgan elektr energiyasi bilan o‘zgaruvchan tok elektr iste’molchilarini ta’minlash yoki uni o‘zgaruvchan tok elektr tarmog‘iga uzatish uchun generatorda ishlab chiqarilgan o‘zgarmas tok, avvalo, invertorli o‘zgartkich yordamida yuqorida ko‘rib o‘tilgan tartibda sinusoidal qonun bo‘yicha o‘zgaruvchi nominal chastotadagi tokka o‘zgartiriladi.

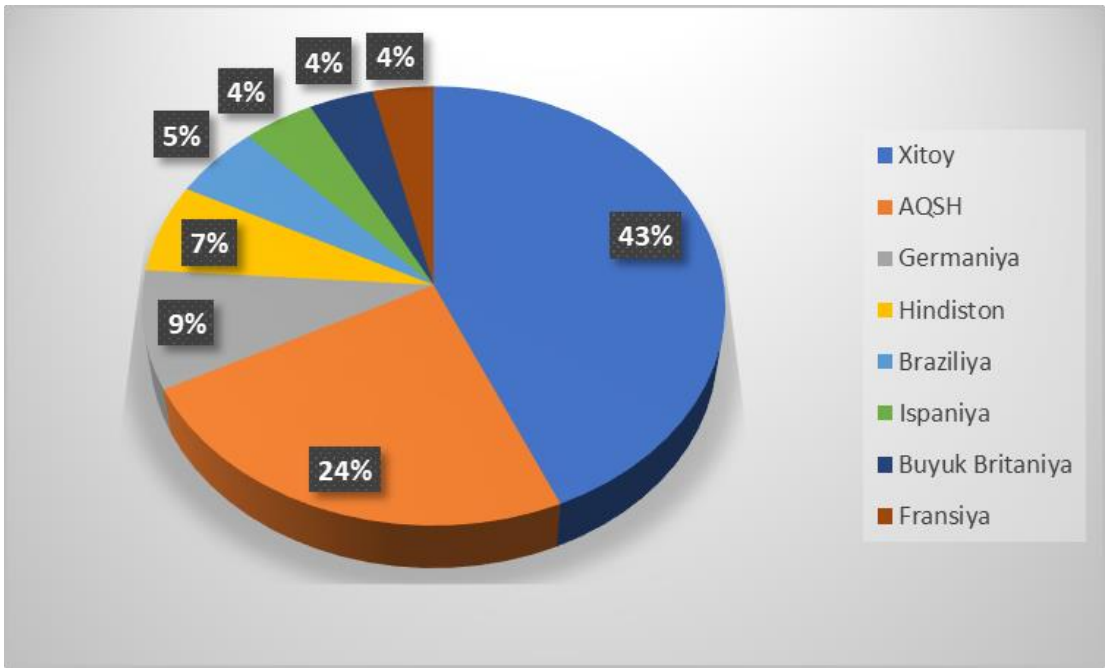
Agar shamol qurilmasida o‘zgaruvchan tok elektr generatori o‘rnatilgan bo‘lsa, u holda hosil bo‘luvchi o‘zgaruvchan tokning chastotasi shamolning va mos holda parrakning aylanish tezligiga muvofiq tarzda o‘zgaruvchan bo‘ladi. Bunday hollarda generatorda ishlab chiqarilgan o‘zgaruvchan chastotali tok, avvalo, to‘g‘rilagich yordamida o‘zgarmas tokka aylantiriladi. To‘g‘rilagichdan olingan o‘zgarmas tok energiyasi mos kuchlanishda ishlovchi o‘zgarmas tok elektr iste’molchilarini ta’minlash va akkumulatorlarni zaryadlashga ishlatilishi mumkin. Bu holatda ham o‘zgaruvchan tok elektr iste’molchilarini ta’minlash yoki elektr quvvatini o‘zgaruvchan tok elektr tarmog‘iga uzatish uchun to‘g‘rilagichda hosil qilingan o‘zgarmas tok invertorli o‘zgartkichlar yordamida sinusoidal qonun bo‘yicha o‘zgaruvchan nominal chastotadagi tokka aylantiriladi [1].



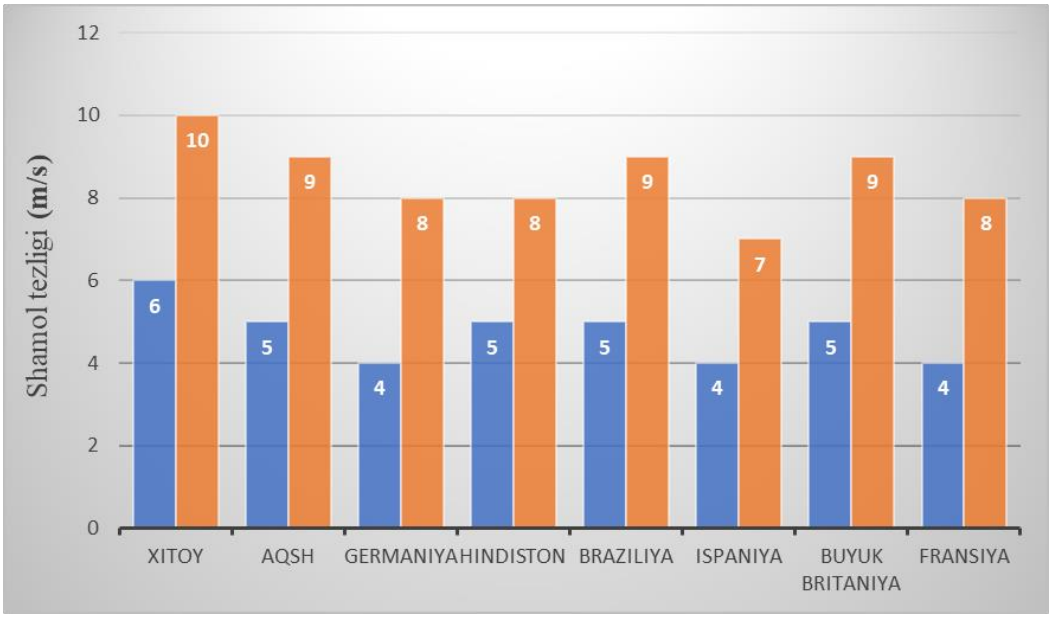
16- rasm. Jahon miqyosida shamol qurilmalarining umumiy o‘rnatilgan quvvatini o‘zgarish dinamikasi.

2009-yilning oxiriga kelib, butun jahon mamlakatlarida mavjud bo‘lgan shamol qurilmalarining umumiy quvvati 157900 MVtni, yil davomida bu quvvatning umumiy o‘sishi 31% ni tashkil etdi. 2009-yil davomida butun jahonda ishlab chiqarilgan elektr energiyaning 1,3 % qismi shamol qurilmalari ulushiga to‘g‘ri keldi.

Hozirgi davrda shamol qurilmalaridan Yevropa davlatlarida keng va AQSH hamda Osiyo davlatlarida nisbatan kamroq darajada foydalanib kelinmoqda. Elektr energiyani ishlab chiqarishda shamol qurilmalarining ulushi Daniyada 19%, Ispaniya va Portugaliyada 11% va Irlandiya Respublikasida 9% ni tashkil etadi. 4.16- rasmda 1996– 2008-yillar davomida jahon miqyosida mavjud shamol qurilmalarining umumiy o‘rnatilgan quvvatlarining o‘zgarish dinamikasi tasvirlangan. Bu diagrammadan shamol qurilmalarini qurish va ularda elektr energiya ishlab chiqarishning borgan sari yuqori jadallikda ortib borganligini kuzatamiz [1].



17- rasm. Jahon miqyosida shamol energiyasi potensiali (GW).



18- rasm. Jahon miqyosida o‘rtacha shamol tezliklarini quyi va yuqori chegaralari.

2. Shamol generatorlari: tuzilishi va ishlash prinsipi

Shamol generatorlari fizik jihatdan shamol oqimining kinetik energiyasini mexanik energiyaga, so‘ngra elektr energiyasiga aylantirish jarayoniga asoslanadi. Shamolning kinetik energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

bu yerda:

- E_k – shamol oqimining kinetik energiyasi (J),
- m – vaqt birligida rotor orqali o‘tuvchi havo massasi (kg),
- v – shamol tezligi (m/s).

Shamol massasi quyidagicha ifodalanadi:

$$m = \rho A v t$$

bu yerda:

- ρ – havo zichligi (≈ 1.225 kg/m³, dengiz sathida),
- A – rotor tomonidan qamrab olingan maydon ($A = \pi R^2$, bu yerda R – rotor radiusi),
- t – vaqt (s).

Natijada, shamol turbinasi tomonidan olinadigan nazariy quvvat quyidagicha hisoblanadi:

$$P = \frac{1}{2}\rho A v^3$$

bu yerda:

- P – shamol energiyasidan olinadigan quvvat (W).

Bu formuladan ko‘rinib turibdiki, shamol tezligining oshishi quvvatga sezilarli ta’sir qiladi, ya’ni shamol tezligi ikki barobar oshsa, quvvat sakkiz barobar ortadi.

Lekin shamol turbinalari shamol energiyasining 100% ni foydali quvvatga aylantira olmaydi. **Bettz chegarasi** (Betz’s Limit) bo‘yicha maksimal nazariy samaradorlik **59.3%** dan oshmaydi:

$$P_{\max} = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2}\rho A v^3$$

Bu fizik qonuniyat shamol energiyasining faqat bir qismi foydali energiyaga aylantirilishini ko‘rsatadi [30,31].

Shamol generatorlarining asosiy tuzilishi

Shamol generatorlari quyidagi asosiy qismlardan iborat:

- **Parraklar (rotor)** – shamol energiyasini ushlab, mexanik harakatga aylantiradi.
- **Asosiy val** – parraklarning harakatini reduktorga uzatadi.
- **Reduktor** – val tezligini generator uchun mos darajaga oshiradi.
- **Generator** – mexanik energiyani elektr energiyasiga o‘zgartiradi.
- **Boshqaruv tizimi** – shamol tezligi va yo‘nalishini kuzatib, rotor tezligini moslaydi.
- **Tayanch minora** – generator va rotorni optimal balandlikda ushlab turadi [32].

Shamol generatorlarining ishlash prinsipi

Shamol parraklarga urilib, ularni harakatga keltiradi. Parraklarning shakli Bernulli qonuniga asoslangan bo‘lib, ularga ta’sir etuvchi havo bosimi har xil bo‘ladi. Past bosim va yuqori bosim o‘rtasidagi farq aylanish harakatini yuzaga keltiradi.

Parraklar harakati orqali hosil bo‘lgan kinetik energiya asosiy val orqali reduktorga uzatiladi. Reduktor esa past tezlikdagi aylanishni yuqori tezlikka aylantiradi.

Shamol generatorida elektr energiya ishlab chiqarish jarayoni **Faradeyning elektromagnit induksiya qonuni** asosida amalga oshiriladi:

$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi}{dt}$$

bu yerda:

- $\mathcal{E}$ – hosil bo‘lgan elektr yurituvchi kuch (V),
- N – o‘ramlar soni,
- Φ – magnit oqim (Wb),
- t – vaqt (s).

Generator orqali hosil bo‘ladigan tok turiga qarab quyidagicha ishlaydi:

- **O‘zgaruvchan tok generatori** – to‘g‘rilagich orqali o‘zgarmas tokka aylantiriladi.
- **O‘zgarmas tok generatori** – invertor orqali o‘zgaruvchan tokka aylantiriladi [33,34].

Shamol generatorlarining samaradorligini oshirish

Samaradorlikni oshirish uchun quyidagi usullar qo‘llaniladi:

- **Aerodinamik dizayn** – parraklar shakli optimallashtiriladi.
- **Balandlikni oshirish** – yuqoriroq balandlikda shamol tezligi yuqori bo‘ladi.
- **Elektron boshqaruv tizimi** – shamol tezligi va yo‘nalishiga qarab generator ishini optimallashtiradi [35,36].

Shamol generatorlarining afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari

-Ekologik toza – zararli gaz chiqarmaydi.

-Cheksiz manba – shamol tabiiy va qayta tiklanadigan manba.

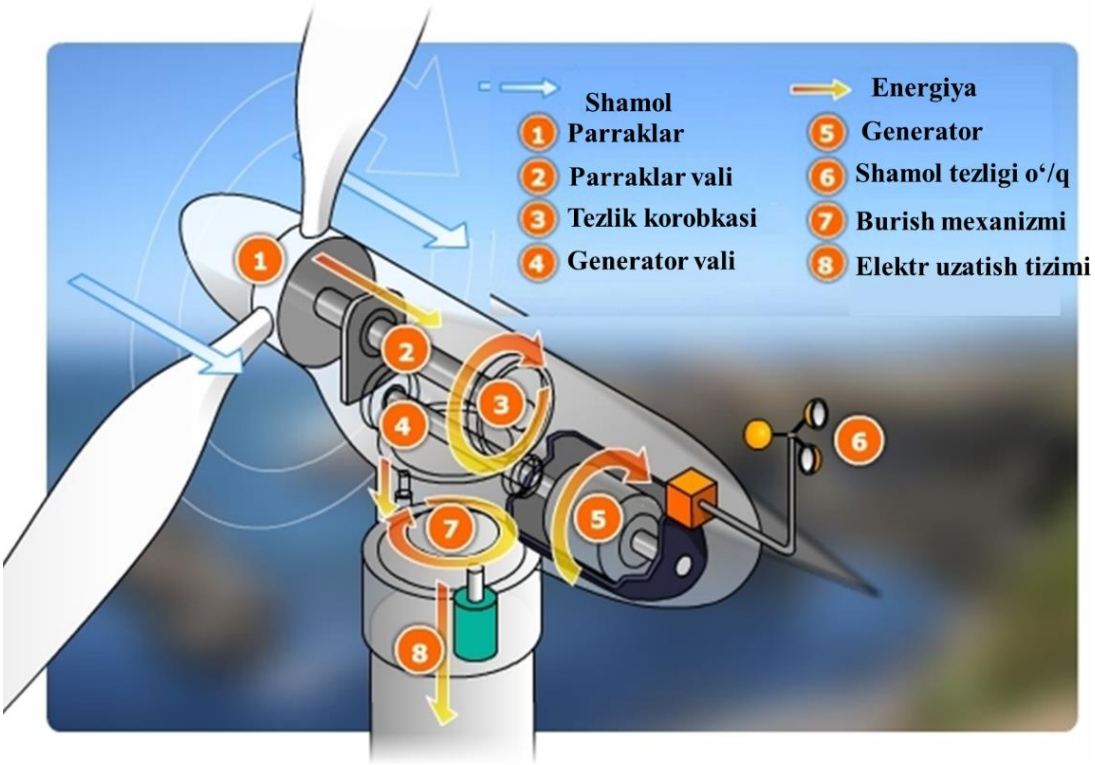
-Kam ekspluatatsiya xarajatlari – uzoq muddat xizmat qiladi.

Kamchiliklari

-Shamol tezligi har doim barqaror emas.

-Yuqori boshlang‘ich xarajatlar talab qiladi.

-Estetik va shovqin muammolari mavjud [37,38].



19-rasm. Shamol qurilmasining prinsipial sxemasi va tuzilishi.

Shamol generatorlari shamol energiyasini elektr energiyasiga aylantirishga mo‘ljallangan qurilmalar bo‘lib, ularning ishlash prinsipi aerodinamika va elektromagnit induksiya qonunlariga asoslanadi. Ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun parraklar aerodinamik shaklda tayyorlanib, boshqaruv tizimi orqali optimallashtiriladi.

3. Shamol energetikasining rivojlanish istiqbollari va samaradorlikni oshirish usullari

Shamol energetikasi bugungi kunda qayta tiklanadigan energiya manbalari orasida eng tez rivojlanayotgan sohalardan biridir. Dunyo bo'ylab energiya talabining ortishi va ekologik muammolarni hal qilish zarurati shamol elektr stansiyalarining jadal rivojlanishiga sabab bo'lmoqda. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko‘ra, 2050-yilga borib, shamol energetikasi global elektr energiyasi ishlab chiqarishning 30-35% ini tashkil qilishi kutilmoqda [39].

So‘nggi yillarda shamol turbinasi texnologiyalaridagi yangiliklar natijasida quvvat ishlab chiqarish samaradorligi sezilarli darajada oshdi. Xususan, yuqori quvvatli va aerodinamik jihatdan takomillashtirilgan rotor parraklari ishlab chiqilmoqda. Bundan tashqari, offshore (dengizda joylashgan) shamol stansiyalari qurilishi kengayib bormoqda, bu esa shamol tezligi va barqarorligini oshirish imkonini bermoqda [40].

Shamol elektr stansiyalarining rivojlanishida quyidagi texnologik yechimlar asosiy rol o‘ynamoqda:

Yuqori samarali shamol turbinalari – 5-15 MW quvvatli yangi avlod turbinalari joriy qilinmoqda.

Offshore shamol stansiyalari – dengiz shamol tezligi yuqori bo‘lgani uchun ulardan samaraliroq foydalanish imkonini beradi.

Sun'iy intellekt va avtomatlashtirish – turbinani real vaqt rejimida boshqarish orqali uning samaradorligini oshirish [41].

Materialshunoslikdagi innovatsiyalar – zamonaviy engil va mustahkam materiallardan foydalanish natijasida turbinaning xizmat muddati oshmoqda.

Shamol elektr stansiyalarining iqtisodiy jihatdan jozibadorligi ishlab chiqarish xarajatlarining pasayishi bilan bog‘liq. Zamonaviy turbinaning qurilish va ekspluatatsiya xarajatlari quyidagicha tahlil qilinadi:

O‘rtacha shamol turbinasi narxi: 1.2–2 million dollar/MW.

Elektr energiya ishlab chiqarish tannarxi: 2-5 sent/kWh.

Foydalanish muddati: 20-30 yil [42].

Ekologik jihatdan shamol energetikasi quyidagi afzalliklarga ega:

Nol emissiya – zararli gazlarning atmosferaga chiqarilmasligi.

Suv sarfini talab qilmasligi – an’anaviy elektr stansiyalarga nisbatan suv tejaydi.

Qayta tiklanadigan energiya manbasi – shamol resurslari tuganmas hisoblanadi.

Shamol elektr stansiyalarining samaradorligini oshirish uchun quyidagi usullar qo‘llanilmoqda:

Parrak aerodinamikasini takomillashtirish – yangi dizayn orqali havo qarshiligini kamaytirish va quvvat ishlab chiqarish samaradorligini oshirish.

Generatorlarni optimallashtirish – yuqori samarali doimiy magnitli generatorlardan foydalanish.

Balandlikni oshirish – turbinaning balandligi ortgan sari shamol tezligi ko‘payadi.

Sun'iy intellekt va ma’lumotlarni tahlil qilish – optimal ishlash sharoitlarini ta’minlash.

Kelajakda shamol energetikasi quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanishi kutilmoqda:

Shamol-gibrid tizimlari – quyosh panellari va energiya saqlash texnologiyalari bilan birgalikda ishlaydigan tizimlar.

Yangi avlod offshore shamol stansiyalari – quruqlikdagi shamol stansiyalaridan samaraliroq.

Supero'tkazuvchilar asosidagi generatorlar – energiya yo‘qotishlarini kamaytirish orqali samaradorlikni oshirish.

Energiya saqlash tizimlarini integratsiyalash – batareya texnologiyalarini rivojlantirish orqali energiya ta’minotining barqarorligini oshirish [43].

Shamol energetikasi global energiya bozorida tobora muhim rol o‘ynamoqda. Yangi texnologiyalar va innovatsiyalar natijasida shamol elektr stansiyalarining samaradorligi oshib bormoqda. Kelajakda bu soha yanada rivojlanib, dunyo energetikasining asosiy tarmoqlaridan biriga aylanishi kutilmoqda.

Nazorat savollari

1. Shamol energiyasining asosiy manbai nima?
2. Shamol turbinalarining asosiy tarkibiy qismlari qaysilar?
3. Shamol generatorlarining ishlash prinsipi qanday?
4. Bettz chegarasi nimani anglatadi va uning shamol turbinalariga ta’siri qanday?
5. Shamol energiyasining asosiy afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
6. Shamol tezligi va turbinaning quvvati o‘rtasidagi bog‘liqlik qanday formula orqali ifodalanadi?

7. Offshore va quruqlikdagi shamol elektr stansiyalari o‘rtasidagi asosiy farqlar nimalardan iborat?
8. Shamol energetikasi ekologiyaga qanday ta’sir ko‘rsatadi?
9. Shamol turbinalarida ishlatiladigan elektr generatorlari qanday ishlaydi?
10. Kelajakda shamol energetikasini rivojlantirish uchun qanday innovatsion texnologiyalar kutilmoqda?

1.5 Gidroenergetika: mikro va mini gidroelektrostansiyalar

Reja:

1. Gidroenergetikaning umumiy tushunchasi va rivojlanishi
2. Mikro va mini gidroelektrostansiyalarning ishlash prinsipi
3. Mikro va mini GESlarning afzalliklari va qo‘llanilish sohasi
4. Ekologik ta’siri va kelajak istiqbollari.

1. Gidroenergetikaning umumiy tushunchasi va rivojlanishi

Gidroenergetika – gidravlik energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi texnologiyalar majmuasi bo‘lib, suv oqimining tabiiy yoki sun’iy ravishda hosil qilingan potensial energiyasidan foydalanadi. Ushbu energetika sohasi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, ekologik toza va barqaror energiya ishlab chiqarish usullaridan hisoblanadi.

Gidroenergetikaning asosiy ishlash prinsipi suvning potensial yoki kinetik energiyasini mexanik energiyaga, so‘ng uni elektr energiyasiga aylantirishdan iborat. Suv oqimi turbinalarni harakatga keltirib, generator orqali elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Gidroenergetika tizimlari odatda quyidagi turlarga bo‘linadi:

Katta gidroelektrostansiyalar (GES) – 100 MVt va undan yuqori quvvatga ega bo‘lib, asosiy elektr tarmoqlarini ta’minlaydi.

O‘rta gidroelektrostansiyalar – 10 MVt dan 100 MVt gacha bo‘lgan stansiyalar.

Mini GES – 100 kVt dan 10 MVt gacha bo‘lgan kichik elektr stansiyalar.

Mikro GES – 100 kVt dan past quvvatli stansiyalar bo‘lib, odatda kichik qishloqlar yoki fermer xo‘jaliklari uchun mo‘ljallangan.

Gidroenergetikaning rivojlanishi

Gidroenergetikaning rivojlanishi uzoq tarixga ega. Dastlabki gidrotexnik inshootlar qadimgi Misr va Xitoyda qurilgan bo‘lib, asosan sug‘orish tizimlarida foydalanilgan. Zamonaviy gidroenergetikaning rivojlanishi esa XIX asrda elektr generatorlarining kashf etilishi bilan boshlangan. 1882-yilda AQShning Viskonsin shtatida birinchi sanoat gidroelektr stansiyasi ishga tushirilgan. Keyinchalik XX asrda dunyo bo‘ylab yirik gidroelektr loyihalar amalga oshirildi.

Bugungi kunda gidroenergetika energiya ishlab chiqarishda muhim o‘rin tutadi. Xalqaro energiya agentligining (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, jahon bo‘ylab elektr energiyasining qariyb 16-17 foizi gidroelektrostansiyalardan olinadi. Yangi texnologiyalar, jumladan, mini va mikro GESlarning rivojlanishi gidroenergetikani yanada qulay va samarali qilishga xizmat qilmoqda.

Norvegiya gidroenergetikasi Norvegiya elektr energiyasining 90% dan ortig‘ini gidroelektrostansiyalardan oladi. Mamlakatda turli quvvatdagi mikro va mini GESlar mavjud bo‘lib, ular elektr ta’minotining barqarorligini ta’minlaydi. Masalan, Tonstad GES yirik gidroelektr stansiya bo‘lsa, mamlakat bo‘ylab ko‘plab kichik GESlar ham faoliyat yuritadi.

Shveytsariyaning mini GES tizimi Shveytsariyada baland tog‘li hududlarda joylashgan ko‘plab mini GESlar mavjud. Ushbu stansiyalar tog‘ daryolari va jilg‘alaridan foydalanib, elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Grimsel GES tizimi ulardan biri bo‘lib, u mamlakatda qayta tiklanuvchi energiya ishlab chiqarishning muhim qismi hisoblanadi.

Hindistonning mikro GES dasturi Hindistonning uzoq hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlash maqsadida ko‘plab mikro GESlar qurilgan. Arunachal Pradesh va Uttarakhand shtatlarida mikro GESlar qishloqlarga elektr energiyasini yetkazib berishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu tizimlar past xarajat va ekologik tozaligi sababli katta ahamiyatga ega.

O‘zbekistonda gidroenergetikaning rivojlanish bosqichlari:

1 – bosqich 1923-1941 yillar. 1923 yilgacha O‘zbekistonda quvvati N=1350 KVt.li yagona Murg‘ob GESi mavjud edi. 1923 yildan boshlab O‘zbekistonda gidroenergetika rivojlana boshladi va 1930 yilda Gidroproekt tashkil etildi, 1926 yili

quvvati N=4 MVt.li Bo‘zsuv GESi, 1933 yili quvvati N=13 MVt.li Qodirya GESi, 1936 yili N=6,4 mVt.li Bo‘rijar GESi, 1938-1941 yillari N=73,6 mVt.li Tavoqsoy va N=86,4 mVt.li Komsomol GESlari qurilishi boshlandi;

2 – bosqich 1941-1960 yillar gidroqurilish bo‘yicha tajriba ortirish bilan xarakterlanadi. Bu davrda gidrotexnik qurilishining yangi texnik usullari ishlab chiqildi, kichik va o‘rta GESlar qurilishidan yirik GESlar qurilishiga o‘tildi. Bu davr ichida Chirchiq - Bo‘zsuv trakti GESlari, quvvati N =126 MVt.li Farhod GESi, 1,2,3,4 Namangan GESlari, Oqsuv GESi, Okkavok GESi, 6, 7 Shahrihon GESi, Hishrav GESi, Qumqurg‘on GESi va boshqa GESlar qurildi;

3 – bosqich 1961-1984 yillar gidrotexnika qurilishi yuqori jahon amaliyoti darajasiga yetdi. Baland to‘g‘onlar qurildi, yirik GESlar: Chorvoq GESi, Ho‘jakent GESi, G‘azalkent GESi, quvvati N=150 MVt.li Tuyamo‘yin GESi, quvvati N=140 MVt.li Andijon GESi loyihalandi va qurila boshlandi;

4 – bosqich 1984-1990 yillar, bu davrda noyob Chorvoq GESining birinchi agregatlari ishga tushirildi; quvvati N=120 MVt.li G‘azalkent GESi, quvvati N=180 MVt.li Uchqo‘rgon GESi qurildi. Gidroenergetik obyektlarni loyihalash va qurish eng yuqori jahon darajasiga ko‘tarildi. O‘zbekiston daryolari gidroenergetik potensialidan foydalanishda, ko‘pgina xalq xo‘jaligi sohalari, ayniqsa irrigatsiya sohasi talablari inobatga olindi, hamda umumiy gidrotexnika qurilishi bilan hamohang bajarildi;

5 – bosqich 1990 yildan hozirgi davrgacha. qishloq ho‘jaligi energiya iste'moli 2005 yili tahminan 11,7 mlrd. KVt soatga yetdi, 2010 yilga kelib bu ko‘rsatkich taxminan 20 mlrd. KVt soatga yetishi va elektroenergiya tanqisligini keltirib chiqarishi mumkin.

Suv energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi gidroelektr stansiya (GES)larning ishlashini o‘rganuvchi fan *gidravlika* deb yuritiladi. U ikki qismdan – suyuqliklar muvozanatini o‘rganuvchi gidrostatika va suyuqliklar harakatini o‘rganuvchi gidrodinamikadan tashkil topgan.

Ixtiyoriy kesim yuza orqali oquvchi suvning quvvati uning sarfi Q, yuqori va quyi byeflardagi suv sathlari bilan belgilanadi. Yuqori va quyi byeflar sathlari

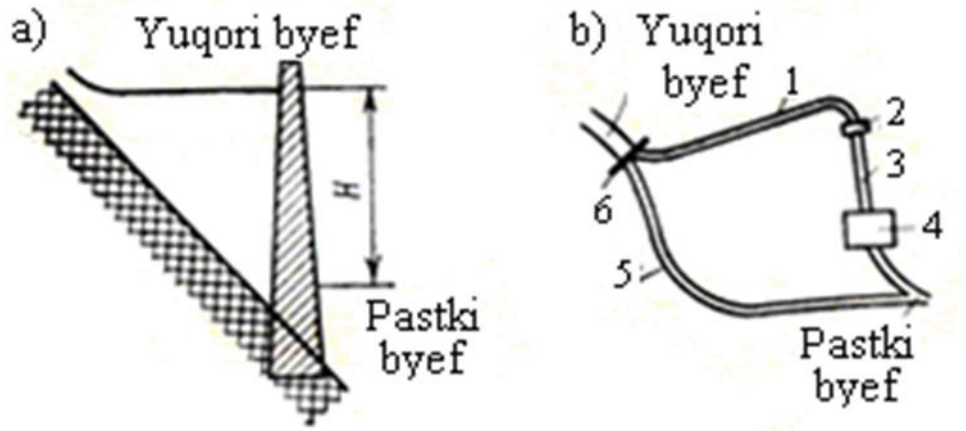
orasidagi farq *H napor* deb ataladi. Oqib tushuvchi suvning quvvatini (kVt) uning sarfi (m^3/s) va napori (m) orqali ifodalash mumkin:

$$P = 9{,}81QH$$

GESlarda gidrotexnik inshootlar, turbinalar va generatorlarda yuz beruvchi isroflarga bog‘liq ravishda suv oqimi quvvatining faqat bir qismidan foydalanish mumkin. Shunday qilib, GESning taxminiy quvvati quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$P = 9{,}81QH\eta$$

bu yerda, Q – suv sarfi, H – napor, η – GESning FIK.



20-rasm. Naporni hosil qilish sxemalari: *a)*- naporni to‘g‘on yordamida hosil qilish; *b)*- naporni derevatsion kanal yordamida hosil qilish: *1*- kanal; *2*- napor basseyni; *3*- turbinalarga suv o‘tkazgichlar; *4*- GESning binosi; *5*- daryo o‘zani; *6*- to‘g‘on [1].

2. Mikro va mini gidroelektrostansiyalarning ishlash prinsipi

Mikro va mini gidroelektrostansiyalar – quvvati 100 kVt dan 10 MVt gacha bo‘lgan kichik elektr stansiyalar bo‘lib, kichik suv oqimlaridan foydalanib elektr energiyasini ishlab chiqarishga mo‘ljallangan. Ushbu stansiyalar uzoq hududlarni elektr bilan ta’minlash, kichik korxona va qishloqlarni mustaqil elektr manbai bilan ta’minlash uchun juda qulay hisoblanadi. Ularning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- *Ekologik toza* – yoqilg‘i sarfini talab qilmaydi, havoga zararli gazlar chiqarmaydi.
- *Past ekspluatatsion xarajatlar* – xizmat ko‘rsatish va ta’mirlash xarajatlari minimal darajada bo‘ladi.

- *Mustaqillik* – markaziy energiya tarmoqlariga ulanmagan hududlar uchun qulay.

Mikro va mini GESlar oddiy va samarali tizim bo‘lib, ular quyidagi asosiy qismlardan tashkil topadi:

Suv olish inshooti – daryolar, soylar yoki kanallardan suvni yig‘ish va kerakli bosim bilan turbinalarga yo‘naltirish uchun xizmat qiladi.

Turbina – gidroenergetikaning asosiy elementlaridan biri bo‘lib, suv oqimining mexanik energiyasini aylanma harakatga aylantiradi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan turbinalar:

- *Pelton turbinalari* – yuqori bosimli kichik daryolar uchun ishlatiladi.
- *Kaplan va Fransis turbinalari* – o‘rtacha bosimli suv oqimlari uchun mos keladi.

Generator – turbinaning mexanik harakatini elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilma.

Transformator va boshqaruv tizimi – ishlab chiqarilgan elektr energiyasini kerakli kuchlanishga aylantirib, iste’molchilarga yetkazadi.

Suv chiqarish tizimi – ishlatilgan suvni qayta daryoga yoki suv yo‘liga qaytaradi.

Mikro va mini GESlarning ishlash prinsipi oddiy bo‘lib, quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

Suv olish va yo‘naltirish

- Suv maxsus suv olish inshooti orqali to‘planadi va quvurlar yoki kanallar orqali turbinaga yo‘naltiriladi.
- Agar kerak bo‘lsa, suv bosimini oshirish uchun kichik to‘g‘on yoki maxsus rezervuarlar qurilishi mumkin.

Turbinaning aylanishi

- Oqim bosimi ta’sirida turbina parraklari harakatga keladi.
- Turbina o‘z navbatida elektr generatorini aylantira boshlaydi.

Elektr energiyasini ishlab chiqarish

- Generatorning aylanishi natijasida elektromagnit induksiya hodisasi yuzaga keladi va elektr energiyasi hosil bo‘ladi.

- Ishlab chiqarilgan elektr toki iste’molchilar yoki tarmoqqa uzatiladi.

Suvning qaytishi

- Ishlatilgan suv tabiiy suv havzasiga yoki daryoga qaytariladi.

Nepaldagi mikro GESlar Nepal tog‘li hududlarida elektr ta’minoti muammoli bo‘lgani sababli ko‘plab mikro GESlar o‘rnatilgan. Masalan, Pharping Mikro GES qishloq aholisi uchun elektr energiyasini yetkazib beruvchi kichik, ammo samarali stansiya hisoblanadi.

Shveysariyada mini GESlar Tog‘ daryolaridan samarali foydalanish uchun Shveysariyada bir qancha mini GESlar qurilgan. Gornerli Mini GES bu mamlakatdagi eng samarali kichik gidrostansiyalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekistonda mikro va mini GESlarning rivojlanishi O‘zbekistonda ham mikro va mini GESlarni rivojlantirish bo‘yicha loyihalar amalga oshirilmoqda. Zarchob GES va boshqa kichik stansiyalar kichik oqimlardan samarali foydalanishga misol bo‘la oladi.

3. Mikro va mini GESlarning afzalliklari va qo‘llanilish sohasi

Mikro geslarda qo’llaniladigan turbina turlari:

21-rasm. Gidro turbinasi charxpalark shaklli mikro GES ko‘rinishi.

Charxpalak shaklidagi gidroturbinalar asosan past bosimli va sekin oqimli daryolar uchun mo‘ljallangan. Ushbu turbinalar oddiy mexanik tuzilishga ega bo‘lib, suv oqimi to‘g‘ridan-to‘g‘ri palaklarga urilib ularni harakatga keltiradi. Bunday turbinalar odatda mikro GESlar uchun ishlatiladi, chunki ular kam xarajat talab qiladi va oson ekspluatatsiya qilinadi.

Afzalliklari:

Tuzilishi oddiy – Murakkab mexanizmlarga ega emas, shu sababli uni ishlab chiqarish va o‘rnatish oson.

Ta’mirlash va xizmat ko‘rsatish oson – Oddiy materiallardan tayyorlanganligi sababli nosozlik yuzaga kelganida tezda ta’mir qilish mumkin.

Arzon materiallardan ishlab chiqariladi – Asosan metall yoki yog‘ochdan tayyorlanishi mumkin, shuning uchun narxi nisbatan past.

Katta investitsiya talab qilmaydi – Kichik biznes va qishloq xo‘jaligi uchun maqbul variant.

Suv oqimini tabiiy holatda saqlaydi – To‘g‘on yoki maxsus suv ombori talab qilmaydi.

Biologik tizimlarga zarar yetkazmaydi – Baliqlar va boshqa suv organizmlari uchun xavfsizroq, chunki suv oqimi keskin o‘zgarmaydi.

Past tezlikdagi suv oqimidan ham foydalanadi – Odatda gidroturbinalar samarali ishlashi uchun katta bosim kerak bo‘lsa, charxpalak turbinalar bunday talabga ega emas.

Kichik daryolar va kanallarda ishlay oladi – Qishloq hududlarida foydalanish uchun juda qulay.

Kamchiliklari:

Tegishli gidroenergetik turbinalarga qaraganda past quvvatga ega – Pelton yoki Fransis turbinalariga nisbatan kamroq energiya ishlab chiqaradi.

Suv oqimi kuchsiz bo‘lsa, ishlash samaradorligi tushib ketadi – Doimiy ravishda kuchli oqim talab qiladi.

Joy talab qilishi – Charxpalak turbinalarini o‘rnatish uchun yetarli joy kerak bo‘ladi, ayniqsa daryo qirg‘oqlarida.

Suvning chuqurligi muhim ahamiyatga ega – Juda sayoz suvda ishlamaydi.

Suv sathi o‘zgarishlariga sezgir – Yomg‘irli yoki quruq mavsumlarda suv darajasi pasaysa, turbina ishlamay qolishi mumkin.

Muzlash xavfi bor – Sovuq ob-havo sharoitlarida suv muzlab, turbina harakatlanmay qolishi mumkin.

Barqaror energiya manbai emas – Suv oqimi doimiy bo‘lmasa, energiya ishlab chiqarish hajmi ham o‘zgarib turadi.

Energiya ta’minoti notekis bo‘lishi mumkin – Tarmoq barqarorligi uchun qo‘shimcha akkumulyator yoki saqlash tizimlari talab qilinishi mumkin.

Charxpalak shaklidagi gidroturbinalar kichik va iqtisodiy jihatdan samarali yechim bo‘lishiga qaramay, ular faqat past bosimli va sekin oqimli suv manbalarida qo‘llanilishi mumkin. Ularning asosiy afzalligi – oddiy tuzilishi, arzonligi va ekologik xavfsizligida. Shu bilan birga, samaradorlik pastligi, suv sathi

o‘zgarishlariga sezgirligi va barqaror elektr ta’minotini ta’minlashdagi qiyinchiliklar ushbu turbinalarning asosiy kamchiliklaridir. Shu sababli, bunday turbinalarni o‘rnatishdan oldin hududning gidrologik sharoitlari, energiya talabi va ekspluatatsiya sharoitlari chuqur tahlil qilinishi lozim.

22-rasm. Pelton gidroturbinasining umumiy ko‘rinishi.

Pelton turbinalari yuqori bosimli va past oqimli suv manbalarida ishlashga mo‘ljallangan. Ular chashka shaklidagi qopqoqchalarga ega bo‘lib, suv oqimi maxsus nozul (soplo) orqali yo‘naltiriladi va turbina g‘ildiragiga uriladi. Natijada turbina milga moment beradi va generatorni harakatga keltiradi.

Afzalliklari:

Yuqori samaradorlik (90% gacha);

Katta bosimli suv oqimlarida samarali ishlaydi;

Kichik quvvatli (1-100 kVt) GESlar uchun ideal.

Kamchiliklari:

Past bosimli suv manbalarida ishlay olmaydi;

Tuzilishi murakkab va qimmatga tushishi mumkin;

Qo‘llanilishi: Tog‘li hududlarda joylashgan mikro GESlar.

23-rasm. Fransis gidroturbinasining umumiy ko‘rinishi..

Fransis turbinalari o‘rta va yuqori bosimli suv manbalarida ishlashga mos keladi. Suv turbina g‘ildiragiga yon tomondan kirib, uning ichidan o‘tadi va pichoqlarni aylantirib, energiya hosil qiladi.

Afzalliklari:

Har xil bosimli suv manbalarida ishlay oladi;

Katta va kichik GESlar uchun mos keladi;

Barqaror elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Kamchiliklari:

O‘rnatish va texnik xizmat ko‘rsatish qimmatga tushishi mumkin;

Suv tarkibidagi qum va boshqa qattiq zarrachalar turbina qismlarini tez eskirtadi.

Qo‘llanilishi: O‘rta va katta quvvatli mikro GESlar.

24-rasm. Kaplan gidroturbinasining umumiy ko‘rinishi.

Kaplan turbinalari past bosimli, lekin katta hajmli suv oqimlari uchun mo‘ljallangan. Ular qayiq vintiga o‘xshash pichoqlarga ega bo‘lib, suv oqimi pichoqlarga bosim berib, turbina milini aylantiradi.

Afzalliklari:

Past bosimli daryolar va kanallar uchun ideal;

Pichoqlarni sozlash imkoniyati tufayli samaradorligi yuqori;

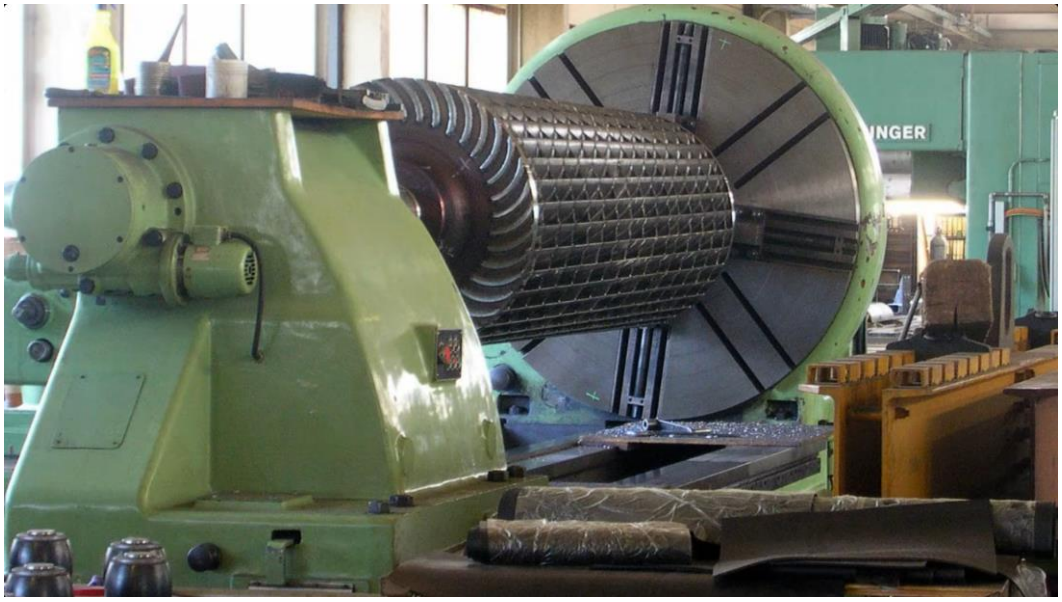
Suvning o‘zgaruvchan darajasida ham ishlay oladi.

Kamchiliklari:

Dastlabki o‘rnatish xarajatlari yuqori;

Mexanik tuzilishi nisbatan murakkab.

Qo‘llanilishi: Past bosimli daryolar va kanallardagi mikro GESlar.



25-rasm. Banki gidroturbinasining umumiy ko‘rinishi.

Banki turbinalari o‘rta va past bosimli suv oqimlari uchun ishlatiladi. Suv turbina ichiga yon tomondan kirib, pichoqlar orqali ikki marta o‘tadi: birinchi bosqichda energiyaning katta qismi olinadi, ikkinchi bosqichda esa qo‘shimcha energiya ishlab chiqariladi.

Afzalliklari:

Oddiy tuzilishga ega va texnik xizmat ko‘rsatish oson;

Kichik va o‘rta bosimli suv oqimlarida samarali ishlaydi;

Qum va qattiq zarrachalarga chidamli.

Kamchiliklari:

Fransis va Pelton turbinalariga qaraganda samaradorligi pastroq;

Katta bosimli suv manbalarida ishlashga mos emas.

Qo‘llanilishi: Kichik suv oqimlarida joylashgan mikro GESlar.

Mikro GESlarda ishlatiladigan turbinalar suvning bosimi va oqim tezligiga qarab tanlanadi.

- Yuqori bosimli daryolar uchun – Pelton turbinalari
- O‘rta bosimli suv oqimlari uchun – Fransis va Banki turbinalari
- Past bosimli va sekin oqimli suvlar uchun – Kaplan va charxpalak turbinalari

Har bir turbinaning o‘ziga xos afzallik va kamchiliklari bor, shuning uchun mikro GES loyihasini ishlab chiqishda tabiiy sharoitlarni hisobga olish juda muhim.

4. Ekologik ta’siri va kelajak istiqbollari

Mikro va mini gidroelektrostansiyalar (GES) qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, kichik daryolar va kanallarda o‘rnatilib, elektr energiyasi ishlab chiqarishga xizmat qiladi. Bu stansiyalar ekologik jihatdan an’anaviy yirik GESlarga nisbatan ancha qulay bo‘lsa-da, ularning ham muayyan ekologik ta’sirlari mavjud. Shu bilan birga, kelajakda mikro va mini GESlarning texnologik takomillashuvi ularning samaradorligi va ekologik xavfsizligini yanada oshirishga yordam beradi.

Ijobiy ekologik ta’sirlar

- Atmosferaga zararli chiqindilarning kamayishi. Mini va mikro GESlar ishlash jarayonida issiqlik elektr stansiyalaridan farqli ravishda karbonat angidrid (CO_2) va boshqa zararli gazlarni chiqarib yubormaydi. Bu esa global isish muammosini kamaytirishga hissa qo‘shadi [44].
- Mahalliy energiya manbalaridan foydalanish. Bu turdagi GESlar ko‘pincha chekka hududlarda o‘rnatilib, markazlashgan energiya tizimiga bog‘liqlikni kamaytiradi. Bu esa uzoq hududlarda yashovchi aholining elektr ta’minotini yaxshilaydi.
- Ekotizimga nisbatan nisbatan yumshoq ta’sir. Mikro va mini GESlar daryolarning tabiiy oqimiga kam ta’sir ko‘rsatadi, yirik GESlarga xos bo‘lgan katta suv havzalari va suv omborlari hosil qilmaydi.

Salbiy ekologik ta’sirlar

- Daryo ekotizimiga ta’siri. Mikro va mini GESlar suv oqimini tartibga solib, ba’zi hollarda daryolarning tabiiy gidrologik rejimiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bu baliqlarning migratsiyasiga to‘sqinlik qilishi va suv ekotizimidagi organizmlar uchun yashash muhitini o‘zgartirishi mumkin [45].
- Suv sifati va haroratining o‘zgarishi. Ba’zan mikro GESlar suv haroratini o‘zgartirib, gidrobiologik muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Ayniqsa,

baliq va boshqa suv hayvonlari uchun harorat muhim ekologik omil hisoblanadi.

- Qurilish paytida landshaftning o‘zgarishi. Har qanday infratuzilma qurilishi kabi, mikro va mini GESlar ham o‘rnatilayotgan hududga ma’lum ekologik yukni keltirib chiqaradi.

Mikro va mini GESlar ekologik jihatdan an’anaviy energiya manbalariga nisbatan ancha qulay bo‘lsa-da, ularning ham muayyan ekologik muammolari mavjud. Kelajakda ularning ekologik ta’sirini kamaytirish uchun yangi texnologiyalar va monitoring tizimlari joriy etilishi muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu GESlarning rivojlanishi ekologik barqaror energiya ta’minotini ta’minlashga xizmat qiladi.

Nazorat savollari

1. Gidroenergetika nima va uning ishlash prinsipi qanday?
2. Gidroelektrostansiyalar quvvatiga qarab qanday turlarga bo‘linadi?
3. Gidroenergetikaning tarixiy rivojlanish bosqichlarini sanab bering.
4. O‘zbekistonda gidroenergetikaning rivojlanish bosqichlari qanday kechgan?
5. Gidroelektrostansiyalarning asosiy tarkibiy qismlari nimalardan iborat?
6. Mini va mikro GESlarning afzalliklari nimalardan iborat?
7. Mini va mikro GESlarda ishlatiladigan turbinaning qanday turlari mavjud?
8. Charxpalak shaklidagi gidroturbinalarning afzallik va kamchiliklarini tushuntiring.
9. GESning umumiy quvvatini hisoblash formulasi qanday va undagi harflarning ma’nosi nima?
10. Dunyo miqyosida mikro va mini GESlar qaysi mamlakatlarda keng qo‘llaniladi va ularning qanday misollari mavjud?

1.6 Biogaz va biomassa energetikasi: ishlash prinsiplari va imkoniyatlari

Reja:

1. Biogaz va biomassa energetikasining umumiy tushunchasi
2. Biogaz ishlab chiqarish texnologiyasi va ishlash prinsipi

3. Biogaz va biomassa energetikasining imkoniyatlari va kelajagi
4. Biogaz hosil bo‘lishining umumiy reaksiyasi

1. Biogaz va biomassa energetikasining umumiy tushunchasi

Biomassa – bu qayta tiklanuvchi energiya manbai bo‘lib, u yog‘och, maishiy chiqindilar, vodorod gazi, spirtli yoqilg‘ilar kabi biologik materiallarni o‘z ichiga oladi. Biomassa asosan elektr yoki issiqlik energiyasini ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan o‘simlik materiallari bilan bog‘liq. Ushbu manba uzoq yillardan beri an’anaviy yoqilg‘i sifatida foydalanilgan bo‘lib, bugungi kunda ham u ekologik jihatdan qulay energiya manbai sifatida e’tirof etilmoqda.

Biomassaning tabiiy va sun’iy manbalari mavjud. Tabiiy biomassaga singan daraxtlar, shox-shabbalar, daraxt qobiqlari, yog‘och qirindilari va boshqa organik qoldiqlar kiradi. Sun’iy biomassaga esa turli sanoat va qishloq xo‘jalik chiqindilari, qand-shakar sanoati qoldiqlari, qog‘oz ishlab chiqarish chiqindilari, hayvon va o‘simlik qoldiqlari kiradi. Bundan tashqari, biomassa sifatida turli biodarajali chiqindilar, masalan, biogaz va biodizel ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan organik moddalar ham foydalaniladi.

Biomassa turlari

Biomassa quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

1. *Yog‘och va yog‘och qoldiqlari* – bu turdagi biomassa o‘rmon sanoati, mebel ishlab chiqarish va qog‘oz sanoatining chiqindilaridan iborat. Ular energetik maqsadlarda yoqilg‘i sifatida ishlatiladi.
2. *Qishloq xo‘jalik chiqindilari* – makkajo‘xori poyasi, shakarqamish qoldiqlari, paxta qoldiqlari va boshqa o‘simlik chiqindilari bu guruhga kiradi.
3. *Hayvon chiqindilari* – go‘ng va boshqa biologik chiqindilar biogaz ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.
4. *Organik maishiy chiqindilar* – oziq-ovqat qoldiqlari va boshqa organik chiqindilar anaerob parchalanish jarayonida biogaz ishlab chiqarishda foydalaniladi.

5. *Sanoat chiqindilari* – oziq-ovqat sanoati va boshqa ishlab chiqarish jarayonlaridan hosil bo‘luvchi organik chiqindilar.

Biomassaning energiya ishlab chiqarishdagi roli

Biomassa bugungi kunda turli usullar yordamida energiya ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Quyida asosiy usullar keltirilgan:

- *To‘g‘ridan-to‘g‘ri yoqish* – bu eng an’anaviy usul bo‘lib, yog‘och va qishloq xo‘jalik chiqindilari pechlar va qozonlarda yoqiladi.
- *Piroliz* – biomassa yuqori haroratda kislorod ishtirokisiz qizdirilib, suyuq, gaz va qattiq yoqilg‘iga aylanadi.
- *Gazifikatsiya* – biomassa yuqori harorat va cheklangan miqdordagi kislorod ostida gaz holatidagi yoqilg‘iga aylantiriladi.
- *Biogaz ishlab chiqarish* – hayvon chiqindilari va organik maishiy chiqindilar anaerob parchalanish natijasida metan gaziga aylanadi.

Biomassaning ekologik afzalliklari

Biomassaning muhim ekologik afzalliklaridan biri shundaki, u tabiiy uglerod siklini buzmaydi. Qazilma yoqilg‘ilarni yoqish natijasida atmosferaga katta miqdorda uglerod oksidi chiqadi va bu iqlim o‘zgarishiga sabab bo‘ladi. Biomassa esa tabiiy sikl doirasida uglerodni qayta tiklash imkoniyatiga ega. Masalan, daraxtlar va o‘simliklar atmosferadan karbonat angidridni yutib, fotosintez jarayoni natijasida biomassa hosil qiladi. Ushbu biomassa yoqilganda atmosferaga chiqariladigan uglerod miqdori oldindan yutilgan uglerodga teng bo‘lib, bu tabiiy balansni saqlashga yordam beradi.

Biomassa energiya manbai sifatida ekologik toza va qayta tiklanuvchi bo‘lib, turli manbalardan olinishi mumkin. Yog‘och qoldiqlari, qishloq xo‘jalik chiqindilari, hayvon go‘ngi va organik chiqindilar biomassa tarkibiga kiradi. Biomassa to‘g‘ridan-to‘g‘ri yoqish, piroliz, gazifikatsiya va biogaz ishlab chiqarish kabi usullar orqali energiya manbai sifatida ishlatiladi. Biomassa qazilma yoqilg‘ilarga nisbatan ekologik xavfsizroq bo‘lib, uglerod siklini buzmaydi va iqlim o‘zgarishining oldini olishga yordam beradi.

2. Biogaz ishlab chiqarish texnologiyasi va ishlash prinsipi

Biogaz ishlab chiqarish jarayoni

Biogaz ishlab chiqarish anaerob parchalanish tamoyiliga asoslanadi. Ushbu jarayonda organik chiqindilar bakteriyalar yordamida parchalanib, metan (CH_4) va karbonat angidrid (CO_2) gazlari hosil qiladi. Biogaz ishlab chiqarish bioreaktorlar yordamida amalga oshiriladi, bunda chiqindilar maxsus sharoitda fermentatsiya qilinadi [46].

Biogaz ishlab chiqarish uch bosqich asosida sodir bo‘ladi:

Gidroliz – Organik materiallar (o‘simlik qoldiqlari, go‘ng, oziq-ovqat chiqindilari) fermentlar yordamida polimer shakldan monomer shakliga parchalanadi [47].

Kislotalanish – Monomerlar organik kislotalar va spirtlarga aylanadi.

Metan hosil bo‘lish – Maxsus bakteriyalar organik kislotalarni metan va karbonat angidrid gazlariga aylantiradi [48].

Biogaz tizimining asosiy elementlari

Biogaz ishlab chiqarish tizimi quyidagi elementlardan iborat [47]:

Fermentatsiya kamerasi (bioreaktor) – organik chiqindilarni qayta ishlash joyi.

Gazni to‘plash tizimi – hosil bo‘lgan gazni yig‘ish va saqlash.

Gaz tozalash tizimi – gaz tarkibidan namlik, oltingugurt va boshqa zararli moddalarni ajratish.

Energiya ishlab chiqarish bloki – biogazdan elektr yoki issiqlik energiyasi olish.

Ishlash prinsipi va samaradorligi

Organik chiqindilar bioreaktorga joylashtiriladi.

Anaerob mikroorganizmlar ularni parchalaydi va biogaz hosil qiladi.

Hosil bo‘lgan gaz yig‘iladi va tozalanadi.

Tozalangan biogaz yoqilg‘i yoki elektr energiyasi sifatida ishlatiladi [48].

Biogaz ishlab chiqarish samaradorligi quyidagilarga bog‘liq:

Chiqindi tarkibi – organik moddalar qancha ko‘p bo‘lsa, shuncha yaxshi.

Harorat – optimal harorat 35–40°C, chunki bakteriyalar shu sharoitda faol bo‘ladi.

pH muvozanati – optimal pH 6.8–7.5 bo‘lishi kerak [49].

Namlik – namlik darajasi 80–90% bo‘lishi zarur.

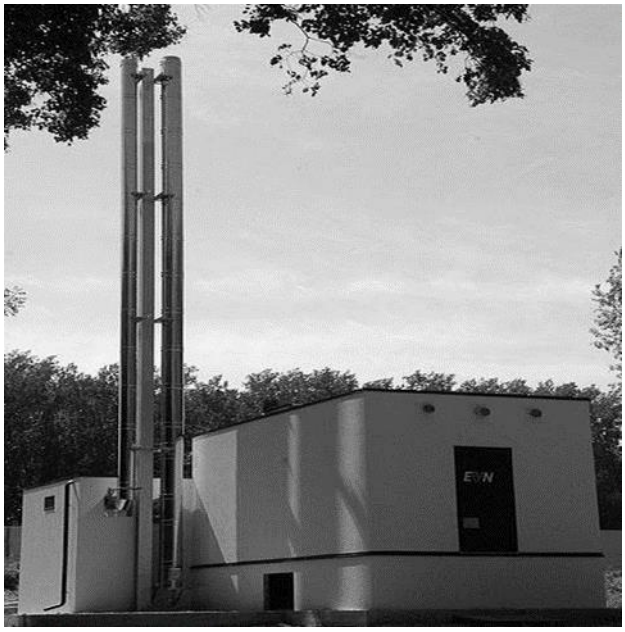
Biogazning afzalliklari

Ekologik toza – qazilma yoqilg‘ilarga nisbatan kam uglerod chiqindisi hosil qiladi.

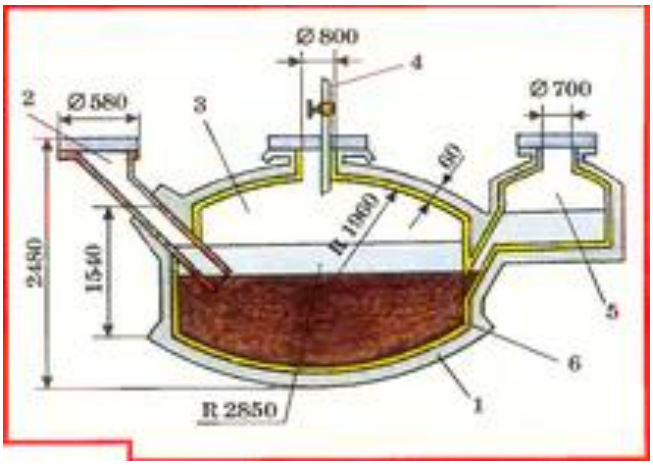
Chiqindilarni qayta ishlash – chiqindilar samarali foydalaniladi.

Energetik mustaqillik – mahalliy energiya ishlab chiqarish imkoniyati.

O‘g‘it sifatida foydalanish – hosil bo‘lgan qoldiqlar organik o‘g‘it sifatida ishlatiladi.



26-rasm. Biomassa energiyasida ishlovchi 1000 kVt quvvatli isitish stansiyasining umumiy ko‘rinishi (Avstriya) [1].



27-rasm. Biogaz olish texnologiyasining umumiy ko‘rinishi.

3. Biogaz va biomassa energetikasining imkoniyatlari va kelajagi

Biogaz va biomassa energetikasi sohasida amalga oshirilayotgan tadqiqotlar va texnologik rivojlanishlar ushbu energiya manbalarining istiqboli va kelajakdagi ahamiyatini yanada oshirmoqda. Biomassa va biogazdan foydalanish global iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda muhim rol o‘ynaydi, chunki ular qazilma yoqilg‘ilarga nisbatan ancha ekologik toza va barqaror hisoblanadi.

Biogaz va biomassa energetikasining asosiy afzalliklaridan biri – ularning ekologik tozaligi va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lishidir. Biogaz ishlab chiqarish jarayonida metan gazining ajralib chiqishi kamayadi, bu esa issiqxona effektini pasaytirishga yordam beradi. Bundan tashqari, biogazdan olingan qoldiqlar tabiiy o‘g‘it sifatida qishloq xo‘jaligida foydalanilishi mumkin.

Biomassa yoqilg‘isi esa qayta tiklanuvchan energiya manbasi bo‘lib, uni doimiy ravishda yangilab borish mumkin. Ayniqsa, qishloq xo‘jaligi chiqindilari va yog‘och qoldiqlari biomassa manbasi sifatida samarali ishlatilishi mumkin. Biomassa yoqilg‘isi ko‘mir va neftga nisbatan kamroq uglerod chiqindilarini ajratadi, bu esa global isish muammosini kamaytirishga yordam beradi.

So‘nggi yillarda biogaz va biomassa ishlab chiqarish texnologiyalarida sezilarli yutuqlarga erishildi. Biogaz ishlab chiqarish uchun ilg‘or fermentatsiya tizimlari, chiqindilarni samarali qayta ishlash texnologiyalari va gazni tozalash uskunalari ishlab chiqilmoqda. Shuningdek, biomassa yoqilg‘isini elektr energiyasiga aylantirish uchun yuqori samarali bug‘ generatorlari, gazifikatsiya tizimlari va biokimyoviy usullar ishlab chiqilmoqda [50].

Barcha bu texnologiyalar biogaz va biomassa energiyasidan yanada keng ko‘lamda foydalanish imkonini beradi. Masalan, qishloq joylarda kichik quvvatli biogaz stansiyalari o‘rnatilib, mahalliy aholining energiya ehtiyojlarini qondirish mumkin.

Kelajakda biogaz va biomassa energetikasining qo‘llanilish doirasi yanada kengayishi kutilmoqda. Xususan, quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanish kutilmoqda:
Shahar chiqindilaridan biogaz olish: Aholi chiqindilarini qayta ishlash orqali energiya ishlab chiqarish hajmini oshirish.

Sanoat chiqindilaridan foydalanish: Oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi chiqindilarini samarali biogaz va biomassa yoqilg‘isiga aylantirish.

Yuqori samarali biogaz generatorlari: Biogazdan elektr energiyasi olish texnologiyalarini rivojlantirish.

Biomassa gazifikatsiyasi: Qattiq biomassa yoqilg‘isini gaz holatiga aylantirish orqali yanada yuqori energetik samaradorlikka erishish.

Kelajakda biogaz va biomassa energetikasining ahamiyati yanada oshib boradi, chunki bu manbalar atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan, barqaror va arzon energiya manbasi hisoblanadi [51].

4. Biogaz hosil bo‘lishining umumiy reaksiyasi

Biogaz asosan metan (CH_4) va karbonat angidrid (CO_2) dan tashkil topgan. Anaerob fermentatsiya jarayonida organik moddalar parchalanib, quyidagi umumiy reaksiya yuz beradi:

$$\text{Organik moddalar} + H_2O \rightarrow CH_4 + CO_2 + H_2 + \text{boshqa gazlar}$$

1. Anaerob parchalanish bosqichlari

a) Gidroloz bosqichi (polimerlarning parchalanishi)

Kompleks organik moddalar monomer shakliga ajraladi. Masalan, selluloza parchalanganda:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

b) Kislotali fermentatsiya (organik kislotalar hosil bo‘lishi)

Shakar va aminokislotalar organik kislotalarga va spirtlarga aylanadi:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2COOH + 2H_2$$

c) Atsetogen bosqichi (sirka kislotasi hosil bo‘lishi)

Bu bosqichda organik moddalar sirka kislotasi (CH_3COOH) hosil qiladi:

$$C_2H_5OH + CO_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2$$

$$CH_3CH_2COOH + 2H_2O \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3H_2$$

d) Metan hosil bo‘lishi (metanogen bosqich)

Sirka kislotasi va vodoroddan metan hosil bo‘lishi:

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$

Shuningdek, vodorod va karbonat angidriddan metan sintezlanishi:

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

2. Biogaz tarkibi va gaz ishlab chiqarish samaradorligi

Biogaz odatda quyidagi gazlardan iborat:

- Metan (CH_4): 50–75%
- Karbonat angidrid (CO_2): 25–50%
- Vodorod (H_2): 0–1%
- Azot (N_2): 0–10%
- Oltingugurt vodorodi (H_2S): 0–3%

Biogazning energiyaviy qiymati:

$$1\ \text{m}^3 \text{ biogaz} \approx 20 - 25\ \text{MJ (80-90\% tabiiy gaz energiyasiga teng)}$$

Agar biogazdagi metan ulushi x (foizda) bo‘lsa, biogazning energiya miqdorini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$E = x \times 0.36\ (\text{MJ/m}^3)$$

Bu yerda:

- x – metan foizi (50–75% orasida bo‘ladi),
- 0.36 – sof metanning 1% ga to‘g‘ri keladigan energiya miqdori (MJ/m³).

Masalan, agar biogaz tarkibida 60% metan bo‘lsa:

$$E = 60 \times 0.36 = 21.6\ \text{MJ/m}^3$$

Bu taxminan 0.6 litr dizel yoqilg‘isining energiyasiga teng.

Nazorat savollari

1. Biomassa nima va u qanday energiya manbasi hisoblanadi?
2. Biogaz qanday yoqilg‘i turi va uning tarkibiy qismlari nimalardan iborat?
3. Biogaz ishlab chiqarish texnologiyasining asosiy bosqichlarini sanab bering.
4. Anaerob fermentatsiya jarayoni qanday kechadi va bu jarayonda qanday mikroorganizmlar ishtirok etadi?
5. Biomassa va biogazdan olinadigan energiyaning qazilma yoqilg‘ilarga nisbatan qanday ekologik afzalliklari bor?

6. Biogaz ishlab chiqarishda qanday xomashyolar ishlatiladi va ularning samaradorligi qanday farqlanadi?
7. Biomassa energetikasining asosiy ishlash mexanizmini tushuntiring.
8. Biogaz va biomassa energetikasi qaysi sohalarda samarali qo‘llanilishi mumkin?
9. Biogaz ishlab chiqarish va biomassa energetikasining rivojlanishi kelajakda qanday istiqbollarga ega?
10. Biomassa va biogaz energiyasining keng joriy etilishiga qanday muammolar va to‘siqlar mavjud?

1.7 Geotermal energiya manbalari va ulardan foydalanish texnologiyalari

Reja:

1. Geotermal energiya va uning elektr energiyasiga aylanishi
2. Geotermal elektr stansiyalarining turlari
3. Geotermal energiyadan foydalanishda atrof-muhitga ta’siri

1. Geotermal energiya va uning elektr energiyasiga aylanishi

Geotermal energiya yerning ichki issiqlik manbalaridan olinadigan energiya bo‘lib, uni elektr energiyasiga aylantirish orqali geotermal elektr energiyasi hosil qilinadi. Hozirgi davrda geotermal energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi texnologiyalar quruq bug‘, yaltiroq bug‘ va binar siklli usullar asosida ishlaydi.

Jahon bo‘yicha geotermal energiyadan issiqlik energiyasi sifatida 70 ta davlatda foydalanilmoqda, biroq elektr energiyasi ishlab chiqarish faqat 24 ta davlatda amalga oshirilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida elektr energiya ishlab chiqarish potensiali 35-2000 GVt oralig‘ida baholanadi [52]. Geotermal energiyadan elektr ishlab chiqaruvchi stansiyalarning o‘rnatilgan quvvati bo‘yicha AQSH yetakchilik qiladi (3086 MVt), undan keyin Filippin va Indoneziya davlatlari joylashgan [53].

Geotermal elektr stansiyalarining samaradorligi nisbatan past bo‘lib, 10-23% ni tashkil etadi. Bunga sabab geotermal suyuqlikning harorati an’anaviy bug‘

qozonlaridan olinuvchi bug‘ haroratiga nisbatan past bo‘lishi hisoblanadi. Termodinamikaning quyidagi birinchi qonuniga ko‘ra, geotermal issiqlik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish jarayonida yo‘qotishlar kuzatiladi:

$$\eta = \frac{W_{chiq}}{Q_{kir}} \times 100\%$$

Bu yerda:

η - geotermal elektr stansiyasining samaradorligi,

W_{chiq} - ishlab chiqarilgan foydali ish,

Q_{kir} - kiruvchi issiqlik energiyasi.

Geotermal energiya ishonchli va qayta tiklanuvchi manba bo‘lib, uning quvvat koeffitsiyenti 96% gacha yetishi mumkin. 2005-yilda geotermal elektr stansiyalarining yillik o‘rtacha quvvat koeffitsiyenti 73% ni tashkil etgan [54].

Geotermal elektr stansiyalarining ekologik jihatdan an’anaviy yoqilg‘i bilan ishlovchi issiqlik elektr stansiyalariga nisbatan afzalliklari mavjud. Atmosferaga chiqariluvchi uglerod ikki oksid miqdori har megavatt-soat elektr energiyaga 122 kg ni tashkil qiladi, bu esa qazilma yoqilg‘ilarga asoslangan stansiyalarga nisbatan juda pastdir [55]. Taqqoslash uchun, ko‘mir yoqilg‘isiga asoslangan elektr stansiyalarida bu miqdor 820 kg/MVt-soat, neftda 650 kg/MVt-soat, tabiiy gazda esa 490 kg/MVt-soatni tashkil qiladi.

Bundan tashqari, geotermal energiyaning tabiiy issiqlik o‘tkazuvchanligi tufayli yer yuzasiga taxminan 44,2 TVt quvvat uzatiladi, undan 30 TVt qayta tiklanadi. Ushbu issiqlik oqimi quyidagi formulaga asosan aniqlanadi:

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

Bu yerda:

Q - issiqlik oqimi,

k - issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti,

A - yer yuzasi maydoni,

$\frac{dT}{dx}$ - harorat gradienti.

Geotermal energiya yer ostidagi issiqlik manbalaridan olinadi va uning ajralishi quyidagi usullar orqali amalga oshiriladi:

Suyuqlik oqimi orqali (gidrotermal tizimlar);

Magma oqimlari orqali (vulkanik hududlar);

Gidrotermal konlar orqali (quduqlar ochish bilan);

Parmalash va sirkulyatsiya qilish orqali (chuqur geotermal quduqlar).

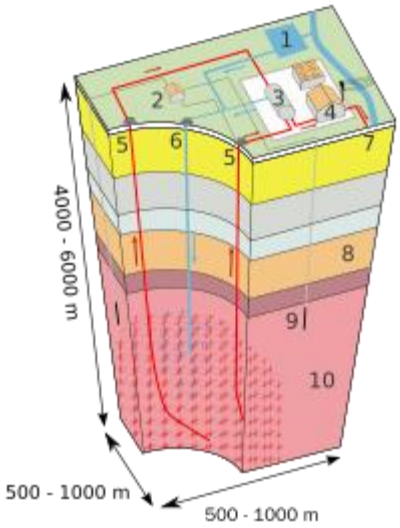
Hozirgi kunda geotermal energiyani oluvchi quduqlar chuqurligi odatda 3 km gacha boradi. Baholashlarga ko‘ra, yanada samarali foydalanish uchun quduqlar chuqurligi o‘nlab kilometr bo‘lishi talab etiladi [56].

Geotermal energiyaning yirik resurslari joylashgan hududlarda quduqlar ochish va ularni ekspluatatsiya qilish texnologiyalarining rivojlanishi bilan yer osti issiqlik manbalaridan foydalanish imkoniyatlari kengaymoqda.

Massachusetts Texnologiya Instituti tomonidan 2006-yilda o‘tkazilgan tadqiqotlarga ko‘ra, rivojlantirilgan geotermal tizimlarni tadqiq qilish va taraqqiy ettirish uchun 1 milliard AQSH dollari sarflangan taqdirda, 2050-yilga borib AQSHda geotermal energiyaga asoslangan elektr ishlab chiqarish quvvati 100 GVtga yetishi mumkin. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA) va Jahon Geotermal Kengashi (WGC) tomonidan berilgan prognozlarga ko‘ra, global geotermal energiya ishlab chiqarish hajmi 2040-yilgacha sezilarli darajada oshib, jahon bo‘ylab umumiy ishlab chiqarish quvvati 200 GVtga yetishi mumkin. Bu esa geotermal energiyaning barqaror va strategik energiya manbai sifatida o‘sishini tasdiqlaydi.

Texnologik yutuqlar orqali yerning tabiiy issiqlik resurslarini samarali ekspluatatsiya qilish imkoniyati oshmoqda. Xususan, zamonaviy binar siklli texnologiyalar va ilg‘or parmalash texnologiyalari hisobiga geotermal energiya manbalarining potensiali sezilarli darajada oshirilmoqda.

Geotermal energiya uzoq muddatli va barqaror energiya manbasi hisoblanib, kelajakda uglerod chiqindilarini kamaytirish va barqaror elektr energiya ishlab chiqarish uchun muhim rol o‘ynashi kutilmoqda.



28-rasm. Geotermal tizim umumiy ko‘rinishi.

1: Rezervuar 2: Nasos qurilmasi 3: Issiqlik almashtirgich 4: Turbinali zal 5: Ishlab chiqarish qudug‘i 6: Inyeksiya qudug‘i 7: Issiq suv markazlashtirilgan isitish uchun 8: G‘ovak cho‘kindi jinslar 9: Kuzatish qudug‘i 10: Kristalli asosiy jinslar.

2. Geotermal elektr stansiyalarining turlari

Geotermal elektr stansiyalari yer ostidagi tabiiy issiqlik manbalaridan foydalanib elektr energiyasini ishlab chiqaradigan qurilmalar bo‘lib, ularning ishlash prinsipi geotermal suvlar yoki bug‘dan foydalanishga asoslanadi. Ular texnologik jihatdan quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

Bevosita bug‘ turbinali geotermal elektr stansiyalari (Dry Steam Plants)

Tez bug‘lanish tizimiga ega geotermal elektr stansiyalari (Flash Steam Plants)

Binar siklli geotermal elektr stansiyalari (Binary Cycle Power Plants)

Bu stansiyalarni ishlash mexanizmi, samaradorligi va ekologik ta’siri jihatidan tahlil qilib chiqamiz.

Bevosita bug‘ turbinali geotermal elektr stansiyalari (Dry Steam Plants)

Bevosita bug‘ turbinali geotermal elektr stansiyalari yer ostidan to‘g‘ridan-to‘g‘ri yuqori haroratli (150-300°C) tabiiy bug‘ni olib, turbinalarni aylantirish orqali elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Afzalliklari:

Eng sodda va samarali geotermal texnologiyalardan biri.

Elektr ishlab chiqarish jarayonida hech qanday oraliq ishchi suyuqlik (masalan, suv yoki boshqa moddalar) talab qilinmaydi.

Atmosferaga zararli chiqindilar miqdori juda kam.

Kamchiliklari:

Faqat juda yuqori haroratli geotermal maydonlarda qo‘llanilishi mumkin.

Geotermal bug‘ tarkibida oltingugurt dioksid (SO_2) yoki boshqa korroziyaviy gazlar bo‘lishi mumkin, bu esa uskunalarning tez eskirishiga olib keladi.

Amaliyotda qo‘llanilishi:

Quruq bug‘ texnologiyasi dunyoda eng qadimiy geotermal energiya ishlab chiqarish texnologiyalaridan biri bo‘lib, Italiyadagi Larderello geotermal stansiyasi (1904-yilda qurilgan) bunga misol bo‘la oladi.

Tez bug‘lanish tizimiga ega geotermal elektr stansiyalari (Flash Steam Plants)

Bu turdagi elektr stansiyalari 180-350°C haroratdagi yuqori bosimli geotermal suyuqlikdan foydalanadi. Issiq suv yer yuzasiga chiqqanda bosim keskin kamayadi va natijada u bug‘ga aylanadi (bu jarayon "flashing" deb ataladi). Olingan bug‘ turbinalarni harakatga keltirib, elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Afzalliklari:

Kamroq haroratli manbalardan ham foydalanish imkonini beradi.

Qayta ishlovdan so‘ng suv yana quduqqa qaytarilishi mumkin, bu esa suv balansini saqlashga yordam beradi.

Bug‘ning hosil bo‘lishi tabiiy jarayonga asoslanganligi sababli energetik jihatdan samarali.

Kamchiliklari:

Geotermal suv tarkibida minerallar va erigan gazlar bo‘lishi mumkin, bu esa uskunalarga zarar yetkazishi mumkin.

Chuqur burg‘ilash talab etiladi, bu esa kapital xarajatlarni oshiradi.

Amaliyotda qo‘llanilishi:

Tez bug‘lanish tizimiga ega elektr stansiyalari dunyoda eng keng tarqalgan geotermal elektr stansiyalari bo‘lib, AQSh, Indoneziya, Filippin va Yaponiyada keng qo‘llaniladi.

Binar siklli geotermal elektr stansiyalari (Binary Cycle Power Plants)

Bu turdagi elektr stansiyalarida geotermal suyuqlik (80-180°C haroratda) bevosita ishlatilmaydi, balki u issiqlik almashtirgich orqali past qaynash haroratiga ega ishchi suyuqlikka (masalan, izobutan yoki izopentan) issiqlik beradi. Natijada, ishchi suyuqlik bug‘lanadi va turbinalarni aylantiradi.

Afzalliklari:

Nisbatan past haroratli geotermal manbalardan ham foydalanish imkonini beradi.

Atrof-muhitga zararli chiqindilar deyarli chiqarilmaydi, chunki geotermal suyuqlik yopiq tizimda ishlatiladi.

Suv resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi.

Kamchiliklari:

Issiqlik almashtirgich tizimi qo‘shimcha xarajat talab qiladi.

Samaradorligi quruq va yaltiroq bug‘ texnologiyalariga nisbatan pastroq (10-13%).

Amaliyotda qo‘llanilishi:

Binar siklli geotermal elektr stansiyalari past haroratli geotermal manbalar joylashgan hududlarda, jumladan, AQSh, Germaniya va Islandiyada keng qo‘llaniladi.

Geotermal elektr stansiyalarining turini tanlashda geotermal maydonning harorati, mavjud suyuqlikning fizik xususiyatlari hamda texnologik samaradorlik muhim ahamiyatga ega.

- Agar geotermal manba **yuqori haroratga** ega bo‘lsa (150°C dan yuqori), **bevosita bug‘ turbinali** yoki **tez bug‘lanish tizimiga ega** elektr stansiyalaridan foydalanish samarali bo‘ladi.
- Agar geotermal manba **past haroratli** bo‘lsa (80-180°C), **binar siklli geotermal elektr stansiyalari** eng mos texnologiya hisoblanadi.

Kelajakda yangi texnologiyalar, xususan, **EGS (Enhanced Geothermal Systems)** orqali hatto an’anaviy geotermal energiyaga ega bo‘lmagan hududlarda ham elektr ishlab chiqarish imkoniyatlari oshishi kutilmoqda.

Geotermal energiya **barqaror**, **ekologik xavfsiz**, va **uzluksiz energiya manbai** bo‘lib, uglerod chiqindilarini kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi.

29-rasm. Geotermal elektr stansiyaning umumiy ko‘rinishi.

3. Geotermal energiyadan foydalanishda atrof-muhitga ta’siri

Geotermal energiya – bu yer qobig'ining ichki qismidagi issiqlik energiyasidan foydalanish orqali elektr energiyasi yoki issiqlik energiyasi ishlab chiqarish usuli bo‘lganligi sababli, bu energiya manbai qayta tiklanadi va atrof-muhitni ifloslantirishni kamaytirishda muhim rol o'ynaydi. Biroq, geotermal energiyadan foydalanish atrof-muhitga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Atrof-muhitga ijobiy ta'sirlar

Geotermal energiyaning asosiy afzalliklaridan biri shundaki, u atmosferani ifloslantirishni kamaytiradi. Geotermal elektr stansiyalari an'anaviy ko'mir stansiyalariga nisbatan 90% kam karbonat angidrid (CO_2) chiqaradi [57]. Bu iqlim o'zgarishi va global isish muammolarini kamaytirishga yordam beradi. Bundan tashqari, geotermal energiya ishlab chiqarishda suv resurslaridan samarali foydalaniladi, chunki geotermal suvlar qayta ishlatilishi mumkin. Misol uchun, Flash va Binary Cycle stansiyalarida suvning qayta ishlatilishi tizimlari mavjud [58]. Shuningdek, geotermal elektr stansiyalari an'anaviy energiya manbalariga qaraganda kamroq joy egallaydi, bu esa tabiiy landshaftlarni saqlab qolishga yordam beradi.

Atrof-muhitga salbiy ta'sirlar

Geotermal energiyadan foydalanish atrof-muhitga ba'zi salbiy ta'sirlarni ham keltirib chiqaradi. Geotermal suvlar tarkibida og'ir metallar (masalan, mishyak, rux) va boshqa zaharli moddalar bo'lishi mumkin. Agar bu suvlar to'g'ri boshqarilmasa, ular yer osti suvlarini ifloslantirishi mumkin [59]. Bundan tashqari, geotermal suvlarni olish jarayonida yer osti bosimi pasayishi mumkin, bu esa yer yuzasining cho'kishiga olib kelishi mumkin. Misol uchun, Yangi Zelandiyadagi Wairakei geotermal stansiyasi yaqinida yer yuzasining cho'kishi kuzatilgan. Geotermal suvlar va bug'lar tarkibida vodorod sulfid (H_2S) kabi zararli gazlar bo'lishi mumkin, ular atmosferaga chiqsa, havo ifloslanishiga va odamlar salomatligiga zarar yetkazishi mumkin. Shuningdek, geotermal quduqlarni qazish va suvlarni yer osti qatlamlariga quyish jarayonida seysmik faollikning oshishi mumkin, bu xususan Enhanced Geothermal Systems (EGS) texnologiyasida kuzatiladi.

Atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish choralari

Atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish uchun bir qator choralar ko'rilishi kerak. Geotermal suvlar va bug'larni chiqarishdan oldin ularni tozalash tizimlari orqali zararli moddalardan tozalash, suvlarni qayta ishlatish orqali suv resurslarini tejash va yer osti bosimini saqlab qolish, geotermal stansiyalar yaqinida seysmik monitoring tizimlari o'rnatish orqali seysmik faollikni nazorat qilish, shuningdek, atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha qat'iy qonunlar va qoidalarni joriy etish kerak.

Geotermal energiya – bu atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni qo'llab-quvvatlashda muhim rol o'ynaydigan energiya manbai. Biroq, uning atrof-muhitga salbiy ta'sirlarini kamaytirish uchun samarali choralar ko'rilishi kerak. To'g'ri boshqarilgan geotermal energiya atrof-muhitni ifloslanishdan saqlash va energiya resurslarini tejash imkonini beradi.

Nazorat savolalri

1. Geotermal energiya nima va u qanday manbalardan olinadi?
2. Geotermal elektr stansiyalarining asosiy turlari qanday?

3. Geotermal elektr stansiyalarining samaradorligi qanday va nima sababdan past bo'ladi?
4. Geotermal energiyaning atrof-muhitga ijobiy ta'sirlari qanday?
5. Geotermal energiyaning atrof-muhitga salbiy ta'sirlari qanday?
6. Geotermal energiyadan foydalanishda atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish choralari qanday?
7. Geotermal elektr stansiyalarining quvvat koeffitsiyenti qanday va u nima bilan bog'liq?
8. Geotermal energiyaning uglerod chiqindilari miqdori qanday va u an'anaviy energiya manbalariga nisbatan qanday farq qiladi?
9. Geotermal energiyaning kelajakdagi istiqbollari qanday?
10. Enhanced Geothermal Systems (EGS) texnologiyasi nima va u qanday imkoniyatlar yaratadi?

2-BOB: MUQOBIL ENERGIYA TIZIMLARIDA ENERGIYANI SAQLASH VA UZATISH

2.1 Muqobil energiya tizimlarida energiyani saqlash usullari

Reja:

1. Energetika tizimida qo‘llaniladigan energiya saqlash tizimlari
2. Quyosh fotovoltik elektr stansiyalarida energiya saqlash tizimlarni qo‘llash
3. Gidreoenergetika tizimida energiya saqlash usuli.
4. Havo elektr stansiyalari.

1. Energetika tizimida qo‘llaniladigan energiya saqlash tizimlari

Zamonaviy energetika tizimlari elektr energiyasini ishonchli yetkazib berish va iste’mol talablarini muvozanatlashtirish uchun turli xil energiya saqlash texnologiyalaridan foydalanadi. Energiya saqlash tizimlari (EST) qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchanligini muvozanatlashtirish, energiya zahiralash, elektr tarmog‘ining barqarorligini ta’minlash va cho‘qqi yuklamalarni kamaytirish kabi muhim vazifalarni bajaradi. EST'lar o‘zlarining ishlash mexanizmi, sig‘imi va qo‘llanilish sohalariga ko‘ra turlicha bo‘lishi mumkin.

Hozirgi vaqtda energiya saqlash tizimlari quyidagi asosiy guruhlarga bo‘linadi:

-Mexanik energiya saqlash tizimlari

-Kimyoviy va elektroximik energiya saqlash tizimlari

-Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari

-Supero‘tkazgichli magnit energiya saqlash tizimlari

Mexanik energiya saqlash tizimlari

Mexanik energiya saqlash tizimlari energiyani mexanik harakat shaklida jamg‘arib, keyinchalik uni elektr energiyasiga aylantirish uchun ishlatiladi. Ushbu tizimlar odatda yuqori ishonchlilik va uzoq muddatli foydalanish imkoniyatlariga ega.

Nasosli gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (Pumped Hydro Storage - PHS)

Bu tizimlar elektr energiyasining ortiqcha qismi yordamida suvni past joylashgan rezervuardan yuqori rezervuarga nasos yordamida chiqarib, kerak bo‘lganda suvni pastga tushirish orqali elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Afzalliklari: Katta miqdordagi energiyani uzoq muddat saqlash imkoniyati.

Kamchiliklari: Geografik cheklovlar, katta infratuzilma talab qilishi.

G‘ildirakli inertsiya saqlagichlar (Flywheel Energy Storage - FES)

Bu tizimlar elektr energiyasini tez aylanadigan rotorga kinetik energiya shaklida jamg‘arib, keyinchalik uni elektr energiyasiga aylantiradi.

Afzalliklari: Tez zaryadlash va tushirish imkoniyati, uzoq umr.

Kamchiliklari: Nisbatan kichik energiya sig‘imi.

Kimyoviy va elektroximik energiya saqlash tizimlari

Kimyoviy energiya saqlash tizimlari elektr energiyasini kimyoviy bog‘larda saqlab, kerak bo‘lganda uni elektr energiyasiga aylantiradi.

Akkumulyator batareyalari (Battery Energy Storage Systems - BESS)

Akkumulyatorlar eng keng tarqalgan energiya saqlash texnologiyalaridan biri hisoblanadi. Ular elektr energiyasini kimyoviy energiya shaklida saqlaydi va kerak bo‘lganda qayta elektr energiyasiga aylantiradi.

Afzalliklari: Moslashuvchanligi, turli hajm va quvvatda ishlay olishi.

Kamchiliklari: Degradatsiya, cheklangan ishlash muddati.

Turlari:

Lityum-ion (Li-ion) batareyalar – yuqori energiya zichligi, uzoq umr.

Qo‘rg‘oshin-kislotali batareyalar – arzon, ammo past sikl muddati.

Natriy-kükurt (NaS) batareyalar – yuqori haroratda ishlaydi, uzoq muddatli foydalanish imkoniyatiga ega.

Vodorod energiya saqlash tizimlari (Hydrogen Energy Storage - HES)

Bu texnologiyada elektr energiyasi yordamida suv elektrolizlanib, vodorod ajratib olinadi va u saqlanadi. Kerak bo‘lganda vodorod yonishi yoki yoqilg‘i elementlari orqali elektr energiyasiga aylantiriladi.

Afzalliklari: Uzoq muddat saqlash imkoniyati, ekologik toza.

Kamchiliklari: Past samaradorlik, infrastrukturaga bo‘lgan talab yuqoriligi.

Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari (Thermal Energy Storage - TES)

Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari issiqlik yoki sovuqlikni saqlab turish orqali energiyani keyinchalik foydalanish uchun saqlaydi.

Sensible Heat Storage (SHS)

Bu tizimda issiqlik maxsus materiallarda (masalan, suv, qum yoki qattiq moddalar) saqlanadi.

Afzalliklari: Oddiy texnologiya, uzoq muddatli saqlash.

Kamchiliklari: Past energiya zichligi.

Latent Heat Storage (LHS)

Bu tizim faza o‘zgarishi materiallari (PCM) yordamida energiyani saqlaydi.

Afzalliklari: Yuqori energiya zichligi.

Kamchiliklari: Yangi texnologiya, yuqori xarajat.

Termokimyoviy energiya saqlash (TCES)

Kimyoviy reaksiyalar orqali energiyani saqlash va kerak bo‘lganda uni ajratib olishga asoslangan tizim.

Afzalliklari: Uzoq muddatli saqlash, yuqori samaradorlik.

Kamchiliklari: Murakkab texnologiya.

Supero‘tkazgichli magnit energiya saqlash tizimlari (Superconducting Magnetic Energy Storage - SMES)

Bu texnologiya elektr energiyasini magnit maydon shaklida supero‘tkazgichli halqalarda saqlaydi.

Afzalliklari: Yuqori samaradorlik, tez zaryadlanish va tushirish.

Kamchiliklari: Juda past harorat talab qiladi, qimmat texnologiya.

Energiya saqlash tizimlari zamonaviy elektr tarmoqlari uchun muhim element hisoblanadi. Ular energiya uzatilishini optimallashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish va energiya ta’minotining ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi. Kelajakda yangi materiallar va texnologiyalar yordamida energiya saqlash tizimlarining samaradorligi yanada oshirilishi kutilmoqda.

2. Quyosh fotovoltik elektr stansiyalarida energiya saqlash tizimlarni qo‘llash

Quyosh fotovoltik (PV) elektr stansiyalarida energiya ishlab chiqarish quyosh nuri mavjudligiga bog‘liq bo‘lgani sababli, uzluksiz energiya ta’minotini ta’minlash uchun energiya saqlash tizimlaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu bo‘limda PV tizimlari bilan integratsiya qilinadigan asosiy energiya saqlash texnologiyalari tahlil qilinadi.

Akkumulyator batareyalari (Battery Energy Storage Systems - BESS) Akkumulyator batareyalari PV tizimlarida eng keng tarqalgan energiya saqlash texnologiyasidir. Ular quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan ortiqcha elektr energiyasini kimyoviy energiya shaklida saqlab, talab yuqori bo‘lgan paytlarda yoki quyosh nuri yetarli bo‘lmagan vaqtlarda uni qayta elektr energiyasiga aylantiradi.

Lityum-ion (Li-ion) batareyalari: Yuqori energiya zichligi va samaradorligi sababli PV tizimlarida eng ko‘p ishlatiladi.

Qo‘rg‘oshin-kislotali batareyalar: Arzon, biroq past samaradorlik va qisqa xizmat muddati bilan ajralib turadi.

Natriy-ion batareyalari: Kelajak uchun istiqbolli texnologiya bo‘lib, ekologik xavfsizligi va uzoq umr ko‘rish muddati bilan ajralib turadi.

Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari (Thermal Energy Storage - TES) Issiqlik energiyasini saqlash texnologiyalari quyosh energiyasini issiqlik shaklida saqlaydi va keyinchalik undan elektr energiyasi ishlab chiqarishda foydalanadi. Ular ayniqsa konsentratsiyalangan quyosh energiyasi (CSP) tizimlari bilan mos keladi.
Eritilgan tuz texnologiyasi: Uzun muddatli energiya saqlash imkoniyatiga ega bo‘lib, yuqori samaradorlik bilan ajralib turadi.

Fazaviy o‘zgaruvchan materiallar (PCM): Yuqori haroratlarda energiya saqlash uchun ishlatiladi.

Vodorod energiya saqlash tizimlari Quyosh energiyasidan foydalangan holda elektroliz jarayoni orqali vodorod ishlab chiqarish va uni saqlash ham PV tizimlari bilan birgalikda qo‘llaniladigan istiqbolli texnologiyalardan biridir.
Yoqilg‘i elementlari (Fuel Cells): Vodorodni elektr energiyasiga aylantirish imkonini beradi.

Vodorod saqlash tanklari: Katta hajmda energiya saqlash imkonini beradi va uzoq muddatli saqlashga mos keladi.

Superkondensatorlar Superkondensatorlar qisqa muddatli energiya saqlash va tezkor uzatish uchun ishlatiladi. Ular odatda batareyalar bilan birgalikda ishlatiladi va tezkor quvvat o‘zgarishlarini muvozanatlashda muhim rol o‘ynaydi.

Quyosh fotovoltik elektr stansiyalarida energiya saqlash tizimlarining qo‘llanilishi energiya ta’minotining barqarorligi va ishonchliligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Turli texnologiyalar o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega bo‘lib, ularni tanlashda iqtisodiy samaradorlik, foydalanish muddati va ekologik jihatlar hisobga olinishi lozim.

3. Gidreoenergetika tizimida energiya saqlash usuli.

Gidroakkumulatsiyalovchi elektr stansiyalari (GAES) elektr energiyasini saqlash va uni tizim ehtiyojlariga mos ravishda qayta ishlatishga mo‘ljallangan maxsus gidrotexnik inshootlar majmuyidir. GAES boshqa elektr stansiyalarida ishlab chiqarilgan elektr energiyasini qabul qilib, uni suvning potensial energiyasiga aylantirib saqlaydi va zarur vaqtda bu energiyani gidroelektrik usulda qayta elektr energiyasiga aylantiradi.

Bu turdagi stansiyalar, asosan, energetik tizimlarning yuklamalarini tekislash, cho‘qqi yuklamalar vaqtida elektr energiyasini ta’minlash hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish imkonini yaratish uchun ishlatiladi. GAES issiqlik elektr stansiyalariga nisbatan samaraliroq bo‘lib, ularni tez ishga tushirish va quvvatni moslashuvchan ravishda boshqarish imkoniyatiga ega [60].

2. GAES Ishlash Prinsipi va Texnologik Tuzilishi GAES asosan turli balandliklarda joylashgan ikkita suv havzasidan iborat bo‘lib, ular quvurlar orqali bog‘langan bo‘ladi. Yuqoridagi suv havzasi tabiiy yoki sun’iy bo‘lishi mumkin, quyi havza esa odatda daryo yoki suv ombori shaklida bo‘ladi. Stansiyaning asosiy ishlash prinsipi quyidagi ikki rejim asosida amalga oshiriladi:

Nasos rejimi: Energiya iste’moli kam bo‘lgan vaqtlarda (odatda, tunda yoki kam yuklama vaqtlarida) GAES nasos rejimida ishlaydi. Bu jarayonda elektr

energiyasi yordamida suv quyi havzadan yuqoriga ko‘tariladi va shu tarzda potensial energiya shaklida saqlanadi [61].

Gidroelektr rejimi: Energiya talabi yuqori bo‘lgan soatlarda (cho‘qqi yuklama vaqti) GAES odatiy gidroelektr stansiya sifatida ishlaydi. Yuqori havzadagi suv pastga tushib, turbinalarni harakatga keltiradi va gidrogeneratorlar orqali elektr energiyasi ishlab chiqariladi.

GAES binosi quvur tizimining quyi qismida joylashgan bo‘lib, u gidroturbinlar, elektr generatorlari va nasoslardan iborat bo‘ladi. Zamonaviy GAESlarda qaytar rejimli gidroelektr agregatlari qo‘llaniladi, bu esa nasos va generator funksiyalarini bitta qurilmada birlashtirish imkonini beradi.

GAESning Energetika Tizimidagi Roli Energetika tizimida elektr yuklamasining notekis taqsimlanishi GAESning ahamiyatini oshiradi. Elektr iste’moli kam bo‘lgan davrlarda ishlab chiqarilgan ortiqcha energiyani saqlash va cho‘qqi yuklamalar vaqtida uni qayta ishlatish energotizim barqarorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi [62].

GAES energotizimda quyidagi asosiy vazifalarni bajaradi:

Yuklama grafigini tekislash: Elektr stansiyalari ishlab chiqargan energiyaning iste’molga mos kelmasligi tizimda muvozanat buzilishiga olib kelishi mumkin. GAES ushbu yuklama o‘zgarishlarini tekislaydi.

Ishonchli zaxira quvvati: GAES qisqa vaqt ichida katta quvvatni tarmoqqa berish qobiliyatiga ega, bu esa elektr ta’minotining barqarorligini oshiradi.

Qayta tiklanuvchi energiya integratsiyasi: Quyosh va shamol elektr stansiyalarining barqaror ishlashi uchun GAES muhim yordamchi texnologiya sifatida xizmat qiladi.

GAESning Samaradorligi va Kamchiliklari GAES foydali ish koeffitsiyenti (FIK) 70-85% atrofida bo‘lib, ya’ni tizimga yuborilgan energiyaning bir qismi yo‘qotiladi. GAES energetika tizimiga quyidagi afzalliklarni taqdim etadi:

Afzalliklari:

Elektr energiyasini samarali saqlash va zarur vaqtda yetkazib berish.

Barqaror elektr ta’minotini ta’minlash.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish imkonini yaratish.
Yuqori darajada moslashuvchanlik va tezkor ishga tushirish imkoniyati.

Kamchiliklari:

Qurilish va ekspluatatsiya xarajatlarining yuqoriligi.
Geografik jihatdan tog‘li hududlarga bog‘liqligi.
Suv resurslariga ehtiyoj sezilishi.

GAES – zamonaviy energetika tizimining muhim komponentlaridan biri bo‘lib, uning asosiy vazifasi energiya balansini saqlash va elektr ta’minotining ishonchliligini oshirishdir. GAESning yuqori manevrlilik qobiliyati va qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan uyg‘un ishlashi uni kelajak energetika tizimlarining ajralmas qismiga aylantiradi. Rivojlanayotgan texnologiyalar yordamida GAES samaradorligini oshirish va uni yanada ekologik va iqtisodiy jihatdan foydali qilish imkoniyatlari kengayib bormoqda.

30-rasm. GAESning suv havzasi ko‘rinishi.

GAES tomonidan saqlanadigan energiya miqdorini hisoblash

GAES tizimi suvning potensial energiyasidan foydalanadi. Suv yuqori havzaga chiqarilganda, u potensial energiya shaklida saqlanadi va talab bo‘lganda elektr energiyasiga aylantiriladi.

Saqlanadigan energiya (E)

Saqlanadigan energiya quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$E = mgh\eta$$

bu yerda:

E – saqlanadigan energiya (J, joule);

m – suv massasi (kg);

g – erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s²);

h – suvni ko‘tarish balandligi (m);

η – tizimning umumiy foydali ish koeffitsiyenti (FIK, odatda 70-85%).

Alternativ formula (suv hajmiga bog‘liq holda):

Agar suv massasi m = ρV (ρ – suv zichligi, 1000 kg/m³, V – suv hajmi, m³) bilan ifodalansa:

$$E = \rho V g h \eta$$

bu yerda:

ρ – suvning zichligi (1000 kg/m³);

V – suv hajmi (m³).

GAES quvvatini hisoblash

Elektr energiyasini ishlab chiqarish tezligini (quvvat) hisoblash uchun quyidagi formula qo‘llaniladi:

$$P = \frac{E}{t}$$

bu yerda:

P – GAESning ishlab chiqarish quvvati (W, vatt);

E – saqlanadigan energiya (J, joule);

t – ishlash vaqti (s, sekund).

GAES odatda MW (megavatt) o‘lchov birligida hisoblanadi, shuning uchun quvvatni MWga aylantirish uchun uni 1 000 000 ga bo‘lish kerak:

$$P(MW) = \frac{\rho V g h \eta}{t \times 10^6}$$

GAES samaradorligini hisoblash

GAES samaradorligi tizimning umumiy foydali ish koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

$$\eta = \eta_{\text{nasos}} \times \eta_{\text{generator}} \times \eta_{\text{turbina}}$$

bu yerda:

η_nasos – nasos samaradorligi (taxminan 85%);

η_generator – generator samaradorligi (taxminan 90-95%);

η_turbina – turbina samaradorligi (taxminan 90%).

Odatda umumiy samaradorlik 70-85% orasida bo‘ladi.

Amaliy misol. Shartlar:

Yuqori havzadagi suv hajmi: 500 000 m³

Suv tushish balandligi: 150 m

Samaradorlik: 75% (0.75)

Vaqt: 4 soat (14 400 sekund)

Saqlanadigan energiya hisoblash:

$$E = (1000 \times 500000) \times 9.81 \times 150 \times 0.75$$

$$E = 551.8 \times 10^9 J$$

Saqlanadigan energiya ≈ 552 GJ (gigajoul).

Quvvat hisoblash:

$$P = \frac{551.8 \times 10^9}{14400 \times 10^6}$$

$$P = 38.32 MW$$

GAESning ishlab chiqarish quvvati ≈ 38.3 MW.

GAES tizimi elektr energiyasini saqlash va talab bo‘yicha ishlab chiqarish uchun samarali usul hisoblanadi. Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, tizimning quvvati va samaradorligi nasos va turbina samaradorligiga, shuningdek, suvni ko‘tarish balandligi va saqlash hajmiga bog‘liq.

Nazorat savollari

1. Energiya saqlash tizimlarining (EST) asosiy vazifalari nimalardan iborat?
2. Mexanik energiya saqlash tizimlarining turlari qanday va ularning ishlash prinsipi qanday?
3. Kimyoviy va elektroximik energiya saqlash tizimlarida akkumulyator batareyalarining qanday turlari mavjud?
4. Vodorod energiya saqlash tizimlarining afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?

5. Issiqlik energiyasini saqlash tizimlari qanday ishlaydi va ularning qanday asosiy turlari mavjud?
6. Supero‘tkazgichli magnit energiya saqlash tizimining ishlash mexanizmi qanday va uning asosiy kamchiligi nimada?
7. Quyosh fotovoltik elektr stansiyalarida energiya saqlash tizimlari nima uchun kerak va qaysi texnologiyalar eng ko‘p qo‘llaniladi?
8. Gidroakkumulatsiyalovchi elektr stansiyalari (GAES) qanday ishlaydi va u qanday rejimlarda faoliyat yuritadi?
9. GAES tizimining energetika tarmog‘idagi asosiy roli nimadan iborat?
10. GAES tizimining asosiy afzallik va kamchiliklarini sanab bering.

2.2 Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari va muqobil energiya tizimlarida ularni boshqarish

Reja:

1. Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari
2. Muqobil energiya tizimlarida elektr energiyasi sifati
3. Elektr energiyasining sifatini boshqarish usullari

1. Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari

Elektr energiyasi sifati iste’molchilarga uzatilayotgan elektr energiyasining talab qilingan standartlarga muvofiqligini ifodalaydi. Sifat ko‘rsatkichlari yetarli bo‘lmagan taqdirda, elektr tarmoqlarida turli muammolar yuzaga keladi: elektr uskunalarining nosozligi, samaradorlikning pasayishi, ortiqcha issiqlik chiqishi va elektr energiyasining yo‘qotilishi.

Elektr energiyasi sifati energiya tizimining ishonchliligi va samaradorligi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, u quyidagi asosiy omillar orqali belgilanadi:

Kuchlanish va chastota barqarorligi

Garmonik buzilishlar darajasi

Kuchlanish pulsatsiyasi va tebranishlari

Asosiy sifat ko‘rsatkichlari: kuchlanish darajasi, chastota, garmonik buzilishlar, kuchlanishning pulsatsiyasi

Kuchlanish darajasi

Elektr ta’minoti tizimlarida kuchlanish nominal darajadan ma’lum chegaralar ichida farqlanib turishi mumkin. Elektr ta’minot tizimlarida bu o‘zgarishlar GOST 32144-2013 va IEC 60038 xalqaro standartlariga muvofiq tartibga solinadi. Standart bo‘yicha kuchlanish darajasi quyidagicha bo‘lishi lozim:

$$U = U_{nom} \times (1 \pm \delta)$$

bu yerda:

U_{nom} — nominal kuchlanish (220V, 380V, 10kV va h.k.),

δ — ruxsat etilgan og‘ish koeffitsienti.

Chastota

Elektr energiyasining asosiy chastotasi sanoat tarmoqlari uchun 50 Hz (Yevropa, Osiyo mamlakatlari) yoki 60 Hz (AQSh va ba’zi boshqa mintaqalar) qiymatida belgilangan. Chastotaning o‘zgarishi quyidagi formulaga muvofiq aniqlanadi:

$$\Delta f = f_{nom} - f_{act}$$

bu yerda:

Δf — chastotaning og‘ishi,

f_{nom} — nominal chastota,

f_{act} — amaldagi chastota.

Garmonik buzilishlar

Elektr tarmoqlarida mavjud bo‘lgan yuqori chastotali komponentlar garmonik buzilishlar deb ataladi. Bular elektr jihozlarining ishdan chiqishiga va energiya samaradorligining pasayishiga olib kelishi mumkin. Garmonik buzilish darajasi umumiy buzilish koeffitsienti (THD – Total Harmonic Distortion) orqali baholanadi:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1} \times 100\%$$

bu yerda:

U_n — n-tartibli garmonik kuchlanish,

U_1 — asosiy chastotadagi kuchlanish.

Kuchlanishning pulsatsiyasi va tebranishlari

Kuchlanishning o‘zgarishi (pulsatsiya) qisqa vaqt oralig‘ida yuz beradigan tebranishlardir. Pulsatsiya darajasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$P = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{nom}} \times 100\%$$

bu yerda:

U_{max} — maksimal kuchlanish,

U_{min} — minimal kuchlanish,

U_{nom} — nominal kuchlanish.

Sifat ko‘rsatkichlariga ta’sir etuvchi omillar

Elektr energiyasi sifatiga ta’sir etuvchi omillarni quyidagicha guruhlash mumkin:

Tarmoq yuklanishi: Haddan tashqari ortiqcha yuklanish kuchlanish pasayishiga olib kelishi mumkin.

Elektr uzatish liniyalarining uzunligi: Uzun liniyalar elektr energiyasining yo‘qotilishiga sabab bo‘ladi.

Garmonik buzilishlar: Asinxron dvigatellar, invertorlar va elektron stabilizatorlar elektr tarmog‘ida garmonik buzilishlarni keltirib chiqaradi.

Elektr stansiyalarining ish rejimi: Elektr energiyasini ishlab chiqarish va uzatishdagi muvozanat buzilishi chastota va kuchlanish o‘zgarishlariga olib keladi.

Elektr energiyasi sifatining xalqaro standartlari

Elektr energiyasi sifati bo‘yicha xalqaro standartlar quyidagilardan iborat:

IEC 61000 – elektromagnit moslashuv va garmonik buzilishlarga oid talablar.

GOST 32144-2013 – kuchlanish va chastota bo‘yicha talablar.

IEEE 519-2014 – garmonik buzilishlarga ruxsat etilgan chegaralar.

EN 50160 – elektr tarmoq sifatini baholash bo‘yicha umumiy Yevropa standarti.

Bu standartlarga rioya qilish elektr ta’minoti tizimlarida barqarorlikni ta’minlash va iste’molchilarni sifatli energiya bilan ta’minlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Elektr energiyasi sifatining muhim ko‘rsatkichlari bo‘lib, kuchlanish darajasi, chastota, garmonik buzilishlar va kuchlanish pulsatsiyalari hisoblanadi. Ushbu ko‘rsatkichlarning barqarorligi elektr tarmog‘ining ishonchliligini oshiradi, energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi va iste’molchilarning uskunalariga zarar yetkazilishining oldini oladi. Xalqaro standartlarga rioya qilish orqali elektr energiyasining sifati oshirilishi va tarmoq barqarorligi ta’minlanishi mumkin.

2. Muqobil energiya tizimlarida elektr energiyasi sifati

Muqobil energiya manbalari, xususan, quyosh va shamol energiyasi, elektr energiyasining sifatiga ta’sir ko‘rsatadigan muhim omillardir. Quyosh panellari va shamol turbinalari elektr energiyasini ishlab chiqarish jarayonida turli o‘zgaruvchanlik va nosimmetriklik holatlariga duch keladi.

Quyosh fotoelektrik panellari to‘g‘ri tok (DC) hosil qiladi, bu esa foydalanish uchun o‘zgaruvchan tok (AC) ga aylantirilishi kerak. Invertorlar bu jarayonda muhim rol o‘ynaydi, ammo quyidagi muammolar yuzaga kelishi mumkin:

Chastotaning o‘zgarishi: Quyosh nurlanishining notekisligi sababli invertor chiqishidagi chastota barqaror bo‘lmasligi mumkin.

Garmonik buzilishlar: Fotoelektrik tizimlar tomonidan hosil qilinadigan kuchlanish va tokda yuqori tartibli garmoniklar hosil bo‘lishi mumkin.

Garmonik buzilishlarning umumiy darajasi THD (Total Harmonic Distortion) bilan ifodalanadi:

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \cdots + V_n^2}}{V_1} \times 100\%$$

Bu yerda:

V_1 – Asosiy chastotadagi kuchlanish,

V_n – n-tartibli garmonik kuchlanish.

Shamol turbinalari ham elektr energiyasining sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Turbinalar tomonidan ishlab chiqarilgan kuchlanish quyidagi sabablarga ko‘ra o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin:

Shamol tezligining o‘zgaruvchanligi tufayli chastota va kuchlanishdagi o‘zgarishlar;

Sinxron va asinxron generatorlarning ishlashi natijasida nosimmetriklik va garmonik buzilishlar;

Shamol turbinalari ulash va uzilish holatlarida tarmoqda elektr tebranishlarini keltirib chiqarishi mumkin.

Muqobil energiya tizimlarida chastota va kuchlanishni barqarorlashtirish masalalari

Chastota va kuchlanish barqarorligi muqobil energiya manbalarida asosiy muammolardan biridir. Bu tizimlarda chastota va kuchlanishni barqarorlashtirish uchun quyidagi usullar qo‘llaniladi:

Invertorlar orqali chastota va kuchlanishni boshqarish – MPPT (Maximum Power Point Tracking) algoritmlari orqali optimal energiya ishlab chiqarish ta’minlanadi.

Energiya saqlash tizimlari (batareyalar, superkondensatorlar) – Yordamchi energiya saqlash tizimlari kutilmagan yuk o‘zgarishlarini muvozanatlashda muhim rol o‘ynaydi.

Tarmoqqa sinxron ulash moslamalari – Shamol va quyosh tizimlarining tarmoqqa silliq ulanishi uchun fazani moslashtiruvchi qurilmalar ishlatiladi.

Kuchlanish barqarorligini baholash uchun quyidagi ko‘rsatkichlar ishlatiladi:

$$\Delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{nom}} \times 100\%$$

Bu yerda:

U_{max} – maksimal kuchlanish,

U_{min} – minimal kuchlanish,

U_{nom} – nominal kuchlanish.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining elektr tarmoqlariga ta’siri

Muqobil energiya manbalarining elektr tarmoqlariga ta’siri quyidagi yo‘nalishlarda kuzatiladi:

Tarmoq yuklanishini o‘zgartirishi – Shamol va quyosh energiyasi ishlab chiqarilishi beqaror bo‘lgani sababli, tarmoqda ortiqcha yoki yetishmovchilik holatlari yuzaga kelishi mumkin.

Garmonik buzilishlarning ortishi – Asosiy chastotaga nisbatan qo‘shimcha chastotalar hosil bo‘lishi mumkin.

Tarmoq kuchlanishini boshqarish qiyinlashishi – Tarqalgan energiya manbalari tufayli tarmoq kuchlanishi doimiy o‘zgarib turadi.

Bu muammolarni kamaytirish uchun quyidagi yondashuvlar qo‘llaniladi:

Tarmoqni avtomatlashtirish tizimlari (Smart Grid);

Garmonik filtrlar va kompensatsiya tizimlari;

Chastotani moslashtirish tizimlari (sinxronizatsiya algoritmlari).

4. Elektr energiyasining sifatini oshirish uchun invertor va filtrlash texnologiyalari

Elektr energiyasi sifatini oshirishda invertor va filtrlash texnologiyalarining ahamiyati katta. Asosiy usullar quyidagilar:

Garmonik filtrlar – Aktiv va passiv filtrlar elektr tarmoqdagi yuqori chastotali buzilishlarni kamaytirish uchun ishlatiladi.

PWM (Pulse Width Modulation) invertorlar – Chiqish signalining sifatini yaxshilash orqali garmonik buzilishlarni kamaytiradi.

Sinxron kommutatsiya texnologiyalari – Invertorlarning tarmoqqa ulanayotganda fazani sinxronlashtirishini ta’minlaydi.

Garmonik filtrlar orqali kuchlanish buzilishlarini kamaytirish uchun qo‘llaniladigan formula:

$$X_f = \frac{1}{2\pi f C}$$

Bu yerda:

X_f – filtr reaktiv qarshiligi,

f – tarmoq chastotasi,

C – sig‘im.

Muqobil energiya manbalari elektr tarmoqlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi va sifat ko‘rsatkichlariga o‘zgarishlar olib kelishi mumkin. Quyosh va shamol energetikasi tizimlarida chastota va kuchlanishni boshqarish muhim masala bo‘lib, tarmoq sifatini oshirish uchun invertorlar va filtrlar kabi texnologiyalar qo‘llaniladi.

3.Elektr energiyasining sifatini boshqarish usullari

Elektr energiyasining sifatini boshqarish, energiya tizimining samarali ishlashini ta'minlash, qurilma va tizimlarga zarar yetkazmaslik uchun muhimdir. Yuqori va quyi kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarish usullari bir-biridan farqlanadi, chunki ularning talablari va ehtiyojlari ham turlicha. Quyida yuqori va quyi kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarishning ba'zi usullari keltirilgan.

1. Yuqori kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarish

Yuqori kuchlanishli tarmoqlar odatda uzatish tarmoqlarida qo'llaniladi va ular kuchlanishning barqarorligini ta'minlashni talab qiladi. Bu holatda quyidagi usullar qo'llaniladi:

a. Kuchlanishni sozlash va muvozanatlash

Yuqori kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarishning asosiy usullaridan biri kuchlanishni nazorat qilishdir. Bu usulda, kuchlanishning maksimal va minimal chegaralariga rioya qilinadi.

Tap-changer transformatorlar va reaktorlardan foydalaniladi, bu ularning kuchlanishini kerakli darajada saqlashga yordam beradi.

b. Qurilmalarda sinusoida bo'lmagan kuchlanishlarni kamaytirish (THD)

Yuqori kuchlanishda garmoniklar, ya'ni kuchlanishning sinusoida shaklidan og'ishlar aniqlanishi mumkin. Garmonikalarning yuqori darajasi elektr energiyasining sifatini pasaytiradi va tizimning ishlashiga zarar yetkazishi mumkin. Garmonikalarning ta'sirini kamaytirish uchun filtrlash tizimlari va reaktorlardan foydalaniladi.

c. Qurilma va asboblar uchun himoya va xavfsizlik tizimlari

Yuqori kuchlanishlarda ortiqcha kuchlanish yoki qisqa tutashuv holatlari yuzaga kelishi mumkin. Buning oldini olish uchun zanjirlarni himoya qilish, to'liq uzilishli tizimlar va surge suppressorlar (kuchlanishni tushiruvchi asboblar) o'rnatiladi.

d. Fazaviy balansni ta'minlash

Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda fazaviy balansni ta'minlash tizimning samarali ishlashini ta'minlaydi. Har bir fazaning kuchlanishi teng bo'lishi kerak, aks holda tizimda nomutanosibliklar yuzaga keladi.

2. Quyi kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarish

Quyi kuchlanishlar odatda ishlab chiqarish, sanoat korxonalari va maishiy tarmoqlarda ishlatiladi. Quyi kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarish usullari ko'proq xususiy asboblar va qurilmalarga qaratilgan bo'ladi:

a. Kuchlanishni stabilizatsiya qilish

Quyi kuchlanishlarda ko'pincha kuchlanishning o'zgarishi va past kuchlanish bilan bog'liq muammolar yuzaga keladi. Stabilizatorlar yordamida kuchlanishni muvozanatlash va barqarorlashtirish mumkin.

Kuchlanish stabilizatorlari odatda kichik va o'rta kuchlanish tarmoqlarida qo'llaniladi.

b. Garmoniklarni filtratsiya qilish

Quyi kuchlanishlarda garmoniklar ham mavjud bo'lib, ular elektr qurilmalarining to'g'ri ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bu holatni bartaraf etish uchun passiv va aktiv garmonik filtrlar o'rnatiladi.

Aktiv garmonik filtrlar kuchlanishdagi yuqori darajadagi garmonikalarni kamaytirishda samarali hisoblanadi.

c. Qurilma himoyasi va ortiqcha yuklanishdan himoya qilish

Quyi kuchlanish tizimlarida ortiqcha yuklanish yoki qisqa tutashuv holatlari energiya sifatining pasayishiga olib keladi. Qisqa tutashuv himoya qurilmalari va avtomatik qirqish tizimlari qo'llaniladi.

Uzilishdan himoya qilish (overcurrent protection) tizimda ortiqcha yuklanish yoki qisqa tutashuv sodir bo'lganida tizimni tezda himoya qiladi.

d. Zaryadlash va akkumulyator tizimlarini boshqarish

Quyi kuchlanishli tarmoqlarda akkumulyatorlar va zaryadlash tizimlarining to'g'ri ishlashi energiya sifatini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Bu tizimlar energiya saqlash va uzatish jarayonlarini optimallashtirishga yordam beradi.

3. Yuqori va Quyi Kuchlanishlarda Umumiy Usullar

a. Energiya sifatini monitoring qilish

Har ikki kuchlanish turida ham energiya sifatini muntazam ravishda monitoring qilish zarur. Bu, kuchlanishning o'zgarishi, garmoniklar, chastotalar va boshqa parametrlarni nazorat qilishni o'z ichiga oladi.

b. Xavfsizlik va himoya tizimlari

Yuqori va quyi kuchlanishlarda ortiqcha kuchlanish yoki qisqa tutashuv holatlariga qarshi himoya tizimlarini o'rnatish, energiya sifatini saqlashga yordam beradi.

Elektr energiyasining sifatini boshqarish tizimi ko'plab usullarni o'z ichiga oladi. Yuqori kuchlanishlarda energiya sifatini boshqarish, asosan, kuchlanishning barqarorligini ta'minlash va garmoniklarni kamaytirishga qaratilgan. Quyi kuchlanishlarda esa, energiya sifatini boshqarish, asosan, qurilmalarga ta'sir etuvchi kuchlanish o'zgarishlarini va garmoniklarni kamaytirish, himoya va xavfsizlikni ta'minlashga yo'naltirilgan.

31-rasm. 0,4 Kv li tarmoqlarda kuchlanishni rostlash qurilmasi.

Kuchlanish stabilizatori (Voltage Stabilizer) qurilmasi elektr tarmog'ida kuchlanishning o'zgarishini kamaytirish va uni doimiy, barqaror holatda saqlash uchun ishlatiladi. U asosan quyi kuchlanishli tizimlarda qo'llaniladi, chunki kuchlanishning o'zgarishi u yerda ko'proq muammo yaratadi.

Bu qurilma tarmoqdagi kuchlanish past bo'lganda yoki yuqori bo'lganda avtomatik tarzda uni kerakli darajaga o'zgartiradi.

32-rasm. Garmonik filtr.

Passiv harmonik filtrlar (Passive Harmonic Filters) va aktiv harmonik filtrlar (Active Harmonic Filters) kuchlanishdagi yoki tokdagi harmoniklarni kamaytirish uchun ishlatiladi. Harmonikalarning yuqori darajasi elektr energiyasining sifatini pasaytiradi, qurilmalarning samaradorligini kamaytiradi va tizimni xavf ostiga qo'yadi.

Passiv filtrlar turli xil rezistorlar, induktorlar va kondensatorlardan iborat bo'lib, tizimda mavjud bo'lgan ma'lum bir harmonik chastotalarni filtrlash uchun ishlatiladi.

Aktiv filtrlar esa kuchlanishdagi va tokdagi har xil harmoniklarni dinamik ravishda bartaraf etadi, bu esa energiya sifatini yaxshilaydi va tizimdagi muammolarni bartaraf etadi.

33-rasm. Reaktiv quvatni kompensatsiyalovchi kondensator bataretalari bloki.

Kondensator batareyalari elektr tarmog'ida reaktiv quvvatni boshqarish va energiya sifatini yaxshilash uchun ishlatiladi. Bu qurilma tarmoqda kuchlanishning pasayishi va reaktiv quvvatning ortiqcha yutilishiga qarshi kurashadi, shuningdek, tarmoqda samarali energiya ta'minotini ta'minlaydi.

Nazorat savollari

1. Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari nima?
2. Elektr energiyasi sifati qanday omillar orqali belgilanadi?
3. Kuchlanish darajasi qanday hisoblanadi?
4. Elektr energiyasining chastotasi qanday o‘zgaradi va qanday formulaga asoslanadi?
5. Garmonik buzilishlar qanday aniqlanadi va ular qanday ta’sir ko‘rsatadi?
6. Kuchlanish pulsatsiyasi nima va qanday formula bilan o‘lchanadi?
7. Elektr energiyasi sifatiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni sanab bering.
8. Muqobil energiya tizimlarida elektr energiyasi sifatini qanday nazorat qilish mumkin?
9. Invertorlarning elektr energiyasining sifatiga ta’siri qanday?
10. Elektr energiyasining sifatini oshirish uchun qanday texnologiyalar qo‘llaniladi?

2.3 Muqobil energiya tizimlarida invertorlar va quvvat elektronikasining roli

Reja:

1. Invertorlar va quvvat elektronikasining nazariy asoslari.
2. Muqobil energiya tizimlarida invertorlar va quvvat elektronikasining amaliy ahamiyati.
3. Invertorlar va quvvat elektronikasining rivojlanishi va kelajagi.

1. Invertorlar va quvvat elektronikasining nazariy asoslari.

Invertorlar — bu doimiy tok (DC)ni alternativ tok (AC)ga aylantirish uchun ishlatiladigan qurilmalardir. Ular energiya ishlab chiqarish va taqsimlash tizimlarida

asosiy rol o‘ynaydi, chunki ko‘plab muqobil energiya manbalari (masalan, quyosh panellari, shamol turbinasi) doimiy tok ishlab chiqaradi, lekin ko‘p hollarda elektr tarmoqlari alternativ tokni talab qiladi. Invertorlar tarmoq uchun zarur bo‘lgan o‘zgartirishni amalga oshiradi, shuningdek tizimning energiya samaradorligini va chidamliligini oshiradi.

Invertorlarning turli turlari mavjud:

Sinusoidal to‘g‘ri sinusoidal invertorlar (pure sine wave): Bu invertorlar eng yuqori samaradorlikni ta’minlaydi, chunki ular tarmoqdagi standart sinusoidal to‘lqin shaklini qayta tiklashadi. Bular asosan yuqori sifatli energiya ta’minoti talab qilinadigan joylarda ishlatiladi.

Tortishli sinusoidal invertorlar (modified sine wave): Bu invertorlar arzonroq, ammo energiya sifatini kamaytiradi. Ular ba’zi tizimlar uchun yetarli bo‘lsa-da, ba'zi elektron qurilmalar uchun zararli bo‘lishi mumkin.

Kvadrat to‘lqin invertorlar: Eng kam samaradorlikka ega bo‘lgan invertorlar bo‘lib, ular asosiy energiya ta’minoti tizimlari uchun kam qo‘llaniladi.

Invertorlarning ishlash prinsipi oddiy: ular DC tokni, o‘zining ichki o‘zgartirish mexanizmlari orqali, harakatlanuvchi elektr maydoni yordamida AC ga aylantiradi. Ishlash jarayonida, uzatish, boshqarish va chiqarish samaradorligi nazorat qilinadi.

Chidamlilik va Samaradorlikka Ta’sir Qiluvchi Omillar

Invertorlarning samaradorligi ko‘plab omillarga bog‘liq bo‘ladi, jumladan:
Tezlikni nazorat qilish va ko‘p bosqichli ishlash: Ko‘p bosqichli invertorlar (multilevel inverter) samaradorligini oshiradi, chunki ular energiyani bir necha bosqichda boshqaradilar, bu esa tizimni barqaror va chidamli qiladi [63].

Isitish va sovutish tizimlari: Ishlash davomida invertorlar haroratni oshirishlari mumkin, shuning uchun samarali sovutish tizimlari invertorlarning uzoq muddatli ishlashini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega [64].

Yuqori samaradorlikli komponentlar: Diode, tranzistor va thyristorlar singari yuqori samarali komponentlar invertorlarning ishlash samaradorligini oshiradi.

Yaxshi sifatli komponentlar invertorning ishlash muddatini uzaytiradi va energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi [63].

Quvvat Elektronikasining Asosiy Komponentlari

Quvvat elektronikasining asosiy komponentlari invertorlarning samaradorligini va ishlash vaqtini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Ba'zi asosiy komponentlar:

Diod: Elektron oqimining faqat bir yo‘nalishda o‘tishiga imkon beradi. Diod tizimning umumiy samaradorligini oshiradi va energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi. Tranzistorlar: Elektron oqimining kuchlanishini boshqaradi, yuqori samaradorlikka erishishda muhimdir [64].

Tristorlar: Quvvatni boshqarish uchun ishlatiladi, ko‘p hollarda yuqori quvvatli invertorlar uchun muhim komponentdir. Ular o‘z-o‘zini boshqaradigan va nazorat qilinadigan quvvat to‘siqlarini ta'minlaydi [63].

Quvvatni boshqarish, uzatish va energiya samaradorligini oshirish

Quvvat elektronikasining asosiy maqsadi energiya oqimining samaradorligini boshqarishdir. Samarali invertorlar orqali:

Quvvatni boshqarish: Quvvatning kuchlanishini, chastotasini va yo‘nalishini nazorat qilish orqali energiya samaradorligini oshirish mumkin [64].

Energiya uzatish: Invertorlar energiya uzatishda kuchlanish va tokni tarmoqqa moslashtiradi, shu bilan energiya yo‘qotishlarini minimallashtiradi.

Energiyani saqlash va uzluksiz ta'minot: Quvvat elektronikasining boshqa vazifalari qatoriga energiyani saqlash tizimlarini yaratish va energiyaning uzluksiz ta'minotini ta'minlash kiradi. Bu muhim xususiyat muqobil energiya tizimlarining ishonchliligi va samaradorligini oshiradi.

Muqobil energiya tizimlarida invertorlar va quvvat elektronikasining o‘rni

Muqobil energiya tizimlarida invertorlar va quvvat elektronikasining roli juda muhim. Quyosh va shamol energiyasi tizimlarida invertorlar quyidagi rollarni bajaradi:

Quyosh energiyasi tizimlarida invertorlar: Quyosh panellaridan olingan doimiy tokni alternativ tokka aylantirish uchun invertorlar zarur. Bu, o‘z navbatida, energiya tarmog‘iga ulanishni ta'minlaydi.

Shamol energiyasini tarmoqqa ulash: Shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqarilgan energiya ham invertorlar orqali tarmoqqa uzatiladi. Bu tizimlar yordamida energiya ishlab chiqarish barqaror va samarali bo‘ladi [64].

Samarali tarmoqqa ulanish: Invertorlar tarmoqqa ulanishni optimallashtiradi, energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi va energiya ta’minotini barqaror qiladi.

2. Muqobil energiya tizimlarida invertorlar va quvvat elektronikasining amaliy ahamiyati.

Invertorlar muqobil energiya tizimlarining samarali ishlashida muhim ahamiyatga ega. Quyosh panellari va shamol turbinasi tomonidan ishlab chiqarilgan energiya odatda doimiy tok (DC) shaklida bo‘ladi. Biroq, energiya tarmog‘i uchun alternativ tok (AC) talab qilinadi, shuning uchun invertorlar zarur. Quyosh va shamol energiyasi tizimlarida invertorlar quyidagi rollarni bajaradi:

Quyosh Panellari: Quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan doimiy tokni invertorlar AC ga aylantiradi, shuningdek tarmoqga mos keladigan chastotani ta'minlaydi. Invertorlar panellarning samarali ishlashini va energiya ta’minotining barqarorligini oshiradi.

Shamol Turbinasi: Shamol turbinasi energiyasi ham invertorlar yordamida AC ga aylantiriladi. Bu tizimlar shamolning o‘zgaruvchan tezligi va yo‘nalishiga mos ravishda samarali ishlaydi, invertorlar esa energiyani tarmoq talablariga moslashtiradi.

AC va DC tarmoqlarini bog‘lashda samaradorlikni oshirish

Invertorlar AC va DC tizimlarining o‘rtasidagi o‘zgarishni ta’minlaydi. Muqobil energiya tizimlarida, masalan, quyosh va shamol energiyasini ishlab chiqarishda, DC energiyasi tarmoqqa ulanish uchun AC ga aylantirilishi kerak. Invertorlar:

Energiya uzatishda samaradorlikni oshirish: Invertorlar DC tarmoqlarini AC tarmoqlari bilan bog‘lashni ta'minlaydi, bu energiya uzatish samaradorligini oshiradi. Shu bilan birga, tizimlar o‘rtasidagi energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi va tarmoqga barqaror energiya ta’minotini beradi.

To‘g‘ri sinxronizatsiya: Invertorlar AC tarmoq bilan sinxronizatsiyalashgan holda ishlaydi, bu esa samaradorlikni oshiradi va tizimdagi energiya yo‘qotishlarini kamaytiradi.

Quvvat elektronikasining muqobil energiya tizimlaridagi samaradorligi

Quvvat elektronikasining samaradorligi muqobil energiya tizimlarida hal qiluvchi ahamiyatga ega. Invertorlar va quvvat elektronikasining to‘g‘ri ishlashida: Energiya sarfi: Quvvat elektronikasining yuqori samaradorligi tizimlarning energiya sarfini minimallashtiradi. Samarali invertorlar orqali energiyaning qisman yo‘qolishi oldini olish mumkin, bu tizimning umumiy samaradorligini oshiradi . Monitoring: Muqobil energiya tizimlarining samaradorligini kuzatish va tahlil qilish uchun quvvat elektronikasining monitoring tizimlari zarur. Bu tizimlar energiya sarfini va tizimning umumiy ishlashini optimallashtirishga yordam beradi [64].

Tizimlarning energiya sarfi va samaradorlikni monitoring qilish

Invertorlar va quvvat elektronikasining samaradorligini oshirish uchun tizimlar energiya sarfi va samaradorligini muntazam monitoring qilish zarur. Monitoring tizimlari yordamida:

Samaradorlikni oshirish: Tizimlar o‘rtasidagi energiya taqsimoti, sarfi va samaradorligini kuzatib borish orqali tizimlarning ishlashini optimallashtirish mumkin. Energiya sarfi va samaradorligi o‘rtasidagi muvozanatni saqlash tizimning uzluksiz ishlashini ta’minlaydi.

Chidamlilikni ta’minlash: Monitoring tizimlari orqali invertorlarning ishlash holati nazorat qilinadi va samaradorligi oshiriladi, bu esa tizimlarning uzoq muddatli ishlashiga yordam beradi.

Quvvat elektronikasining energiya to‘g‘riligi va uzluksizligini ta’minlash

Quvvat elektronikasining asosiy maqsadi energiya to‘g‘riligi va uzluksizligini ta'minlashdir. Invertorlar va boshqa quvvat elektronika komponentlari:

Energiya to‘g‘riligi: Invertorlar doimiy ravishda energiya ta’minotining to‘g‘riligini saqlaydi. Energiya to‘g‘riligini oshirish orqali tizimlar barqaror ishlaydi va elektr tarmog‘iga mos keladi.

Uzluksizlik: Quvvat elektronikasining tarmoqda uzluksiz energiya ta’minotini ta'minlashi tizimlarning ishlash davomiyligini oshiradi. Bu, o‘z navbatida, energiya ishlab chiqarish va taqsimlash tizimlarining ishonchliligini ta’minlaydi.

Tarmoqqa integratsiya va invertorlarning elektr tarmoqlariga moslashuvi

Invertorlar va quvvat elektronikasining tarmoqqa integratsiyasi muqobil energiya tizimlarining ishlash samaradorligini oshiradi. Invertorlarning elektr tarmoqlariga moslashuvi quyidagi jihatlarni o‘z ichiga oladi:

Tarmoqqa qo‘shilish: Invertorlar quyosh va shamol energiyasi tizimlarini elektr tarmog‘iga integratsiya qilishda asosiy komponentlardir. Ular energiyani tarmoqga moslashtirish va uzatishning samarali amalga oshirilishini ta'minlaydi.
Raqamli boshqaruv tizimlari: Raqamli invertorlar va boshqaruv tizimlari tarmoqlarga moslashishni osonlashtiradi. Raqamli invertorlar orqali tizimning ishlash holati avtomatik ravishda boshqariladi, bu esa tizimni barqaror va samarali qiladi.

Raqamli invertorlarning tarmoq tizimlariga moslashuvi va ularning

Raqamli invertorlar muqobil energiya tizimlarining ishlashini optimallashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Ular tarmoq tizimlariga moslashishni osonlashtiradi va boshqarishni samarali amalga oshiradi:

Moslashuvchan boshqaruv tizimlari: Raqamli invertorlar yordamida energiya ishlab chiqarish va uzatish tizimlari o‘rtasida samarali boshqaruv amalga oshiriladi. Ular energiya ta’minotining sifatini oshiradi va tarmoqqa ulanishni yaxshilaydi.
Tezkor moslashuv: Raqamli invertorlar tizimga tezkor moslashishni ta’minlaydi, shuningdek, energiya ishlab chiqarish va sarfini real vaqt rejimida boshqaradi.

3. Invertorlar va quvvat elektronikasining rivojlanishi va kelajagi.

Invertorlar texnologiyalari so‘nggi yillarda katta o‘zgarishlarga uchradi. Yangi invertor turlari, ayniqsa, yuqori samaradorlik va kam energiya yo‘qotishlarini ta’minlashga qaratilgan. Ba'zi innovatsiyalar quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Hibrid invertorlar: Quyosh va shamol energiyasini birgalikda ishlatish uchun hibrid invertorlar rivojlanmoqda. Bu invertorlar ikki energiya manbasidan foydalanishni ta'minlaydi va energiya sarfini optimallashtiradi.

Multifazali invertorlar: Yangi, ko‘p fazali invertorlar yuqori samaradorlik va tarmoq tizimlarida barqarorlikni oshirishga yordam beradi. Ular energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bilan birga, tarmoqni yanada barqaror qiladi [65].

Mikroinvertorlar: Quyosh panellarining har bir qismiga mos keladigan mikroinvertorlar samaradorlikni oshiradi. Ular har bir panellarning individual ishlash holatini nazorat qilish imkonini beradi, bu esa tizimning umumiy samaradorligini oshiradi [66].

Quvvat Elektronikasining So‘nggi Yangiliklari va Ilg‘or Texnologiyalar

Quvvat elektronikasidagi eng so‘nggi yangiliklar ko‘plab energiya tizimlarining samaradorligini oshiradi. Ularning ba'zilari quyidagilardir:

GaN (Gallium Nitride) texnologiyasi: GaN asosidagi yarimo‘tkazgichlar yuqori tezlikda ishlaydi va kamroq energiya yo‘qotishi bilan ajralib turadi. Bu texnologiya invertorlar samaradorligini sezilarli darajada oshiradi [67].

SiC (Silicon Carbide) texnologiyasi: SiC asosidagi tranzistorlar yuqori haroratlarda ishlay oladi va kuchli oqimlarni samarali boshqaradi, bu esa invertorlarning ishlash muddatini uzaytiradi va samaradorligini oshiradi.

Raqamli boshqaruv tizimlari: Invertorlar va boshqa quvvat elektronika tizimlari raqamli boshqaruv tizimlari bilan jihozlanmoqda. Bu tizimlar yordamida energiya ta’minoti va tizim holati real vaqt rejimida kuzatiladi [68].

Kelajakda muqobil energiya tizimlari global energiya manbalarining katta qismiga aylanadi. Invertorlar bu tizimlarning markaziy komponentlariga aylanishi kutilmoqda. Quyidagi omillar kelajakda invertorlar va muqobil energiya tizimlarining roli va ahamiyatini oshiradi:

Yashil energiya va karbon izini kamaytirish: Muqobil energiya tizimlarining rivojlanishi orqali karbonsiz energiya manbalari ishlab chiqariladi. Invertorlar bu jarayonni boshqarishda muhim rol o‘ynaydi, chunki ular energiya ishlab chiqarish tizimlarini tarmoq tizimlariga moslashtiradi va ularni optimallashtiradi.

Modulli tizimlar va ko‘p manbali energiya ishlab chiqarish: Kelajakda invertorlar ko‘p manbali energiya tizimlariga moslashadi, masalan, quyosh va shamol energiyasi tizimlari birga ishlaydi. Bu invertorlar o‘zaro to‘liq integratsiya qilish imkoniyatini beradi [69].

Uzoq muddatli energiya saqlash tizimlari, masalan, batareyalar va superkondensatorlar, invertorlar bilan integratsiyalashadi. Bu integratsiya:

Energiyani uzluksiz ta’minlash: Uzoq muddatli saqlash tizimlari yordamida energiya ishlab chiqarishda uzilishlarni kamaytirish mumkin. Invertorlar esa energiyani tarmoq talablariga moslashtirib uzluksiz ta’minotni ta’minlaydi.

Energiya saqlash tizimlari bilan samarali ishlash: Uzoq muddatli saqlash tizimlari va invertorlar o‘rtasidagi integratsiya energiyaning ko‘proq saqlanishini va samarali ishlatilishini ta’minlaydi [70].

Invertorlar va quvvat elektronikasining rivojlanishi, muqobil energiya tizimlarining samaradorligini oshirishda va ularni global energiya tizimlariga integratsiya qilishda muhim ahamiyatga ega. Texnologiyalarni rivojlantirishda quyidagilarni ta’kidlash mumkin:

Tezkor rivojlanish: Texnologiyalarni rivojlantirish invertorlarning samaradorligini oshiradi, bu esa muqobil energiya tizimlarining iqtisodiy jihatdan samarali ishlashini ta’minlaydi.

Texnologiya integratsiyasi: Invertorlar boshqa ilg‘or texnologiyalar bilan integratsiyalashishi energiyaning taqsimoti va boshqaruvini osonlashtiradi. Bu energiya ishlab chiqarishni optimallashtirishga yordam beradi [71].

Dunyo Bo‘ylab Muqobil Energiya Tizimlarining Rivojlanish Tendensiyalari va Invertorlar Bozoridagi O‘sish

Global miqyosda muqobil energiya tizimlari va invertorlar bozori o‘sishda davom etmoqda. Raqamli invertorlar va energiya saqlash tizimlarining

integratsiyasi, quvvat elektronikasining yuqori samaradorligi va energiya barqarorligini ta’minlash global o‘sish tendensiyalarini aniqlaydi:

Bozor o‘sishi: 2023-2028 yillar davomida invertorlar bozorining o‘sishi kutilmoqda, bu esa muqobil energiya tizimlarining kengayishiga xizmat qiladi. Invertorlar bozori o‘sishi innovatsiyalar va yangi texnologiyalar bilan bog‘liq.

Global integratsiya: Dunyodagi turli mamlakatlar va mintaqalarda muqobil energiya tizimlari integratsiyalanmoqda. Bu, o‘z navbatida, invertorlar va quvvat elektronikasining global rivojlanishiga yordam beradi [72].

Nazorat savollari

1. Invertorlarning asosiy turlari va ularning ishlash prinsiplarini tushuntiring?
2. Invertorlarning samaradorligiga ta’sir qiluvchi asosiy omillarni sanab bering?
3. Quvvat elektronikasining asosiy komponentlarini va ularning vazifalarini tavsiflang?
4. Invertorlar va quvvat elektronikasining muqobil energiya tizimlaridagi o‘rnini izohlang?
5. Quyosh energiyasi tizimlarida invertorlar qanday rol o‘ynaydi va samaradorlikni qanday oshiradi?
6. Mikroinvertorlar va hibrid invertorlarning asosiy farqlarini taqqoslab bering?
7. Uzoq muddatli energiya saqlash tizimlarining invertorlar bilan integratsiyasi qanday foyda keltiradi?
8. GaN va SiC texnologiyalarining invertorlar samaradorligini oshirishdagi roli haqida izoh bering?
9. Kelajakda invertorlar va quvvat elektronikasining rivojlanishi muqobil energiya tizimlariga qanday ta’sir qiladi?
10. Dunyo bo‘yicha muqobil energiya tizimlarining rivojlanish tendensiyalari va invertorlar bozoridagi o‘sishni tahlil qiling?

3-BOB. MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI ASOSIDA ISHLAB CHIQARILGAN ELEKTR ENERGIYANI ELEKTR TARMOQLARIGA INTEGRATSIYASI VA UNI BOSHQARISH

3.1 Muqobil energiya manbalarining elektr tarmoqlariga integratsiyasi

Reja:

1. Quyosh elektr stansiyalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalash
2. Shamol elektr stansiyalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalash
3. Mikro Gidroelektrstansiyalarni elektr tarmog‘iga integratsiyasi

1. Quyosh elektr stansiyalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalash

Quyosh elektr stansiyalarini elektr tarmoqlariga integratsiya qilish jarayoni, ko‘pincha quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasini tarmoqning o‘ziga bog‘liq kuchlanish va quvvat sharoitlariga mos ravishda uzatishni o‘z ichiga oladi. Quyosh elektr stansiyalari ko‘pincha quyidagi kuchlanishdagi elektr tarmoqlariga integratsiya qilinadi:

Quyosh elektr stansiyalarini **10 kVli tarmoqlarga** integratsiya qilish kamdan-kam hollarda bo‘ladi, chunki bu kuchlanish o‘rtacha darajadagi iste'molchilar uchun odatda yetarli emas. Ammo kichik va o‘rta quvvatdagi quyosh elektr stansiyalari, ayniqsa tarmoqga yaqin joylarda yoki uzoq hududlarda, 10 kVli tarmoqqa integratsiya qilinishi mumkin.

- **Integratsiya uchun zarur parametrlar**: 10 kVli tarmoqga uzatiladigan energiya quvvati kam bo‘lishi kerak, chunki tarmoq o‘zining ishlash holatida energiya talabi katta bo‘lishi mumkin.
- **Afzalliklari**: Tez va arzon ulanish, kichik miqyosdagi tizimlar uchun mos keladi.
- **Kamchiliklari**: Past quvvatni uzatish va boshqarishda yanada kuchli nazorat zarur.

35 kVli tarmoqlar o‘rtacha darajadagi elektr ta’minoti tizimlarida ishlatiladi va odatda kichik va o‘rta quyosh elektr stansiyalari uchun samarali bo‘ladi. Bu

tarmoqda energiya ishlab chiqarish va uzatish oson bo‘ladi, chunki kuchlanish darajasi o‘rtacha talablarga javob beradi.

- **Integratsiya uchun zarur parametrlar**: Quyosh paneli ishlab chiqaradigan energiya 35 kVli tarmoqda muvozanatli tarzda uzatilishi mumkin. Quyosh elektr stansiyasi ishlab chiqaradigan energiya o‘zgaruvchan bo‘lishi sababli, bu tarmoqda energiya uzatishni tartibga solish uchun tizimni optimallashtirish kerak.
- **Afzalliklari**: O‘rta darajadagi tarmoqlar bilan yaxshilangan integratsiya, energiya uzatishda muvozanatni ta’minlash.
- **Kamchiliklari**: Energiya ishlab chiqarishda o‘zgarishlar va talablar orasidagi farqni engillashtirish.

110 kVli tarmoqlar yuqori quvvatdagi tarmoqlarda ishlatiladi va katta quyosh elektr stansiyalarini integratsiya qilish uchun ideal variant hisoblanadi. Bu tarmoqlar katta masofalar bo‘ylab elektr energiyasini samarali uzatish imkonini beradi.

- **Integratsiya uchun zarur parametrlar**: 110 kVli tarmoq yuqori quvvatli quyosh elektr stansiyalarini (masalan, 10-20 MW) qabul qilishga mos keladi. Quyosh nurlanishi o‘zgaruvchan bo‘lsa ham, energiya ishlab chiqarish va uzatishdagi farqlarni muvozanatlash uchun tizim optimizatsiyasi kerak bo‘ladi.
- **Afzalliklari**: Katta miqyosdagi quyosh elektr stansiyalarini ulashda yuqori samaradorlik, tarmoq orqali energiyaning samarali uzatilishi.
- **Kamchiliklari**: Energiya uzatishdagi yo‘qotishlarni kamaytirish, tarmoqni optimallashtirish zarurati.

220 kVli tarmoqlar yuqori quvvatli elektr tarmoqlari bo‘lib, yirik quyosh elektr stansiyalarini integratsiya qilish uchun mos keladi. Bu tarmoqlar ko‘pincha sanoat yoki yirik iste'molchilarni ta’minlash uchun ishlatiladi.

- **Integratsiya uchun zarur parametrlar**: Katta miqyosdagi quyosh energiyasi ishlab chiqaruvchilarni tarmoqqa uzatish uchun energiya taqsimoti va boshqaruv tizimi optimallashtirilgan bo‘lishi kerak. Quyosh nurlanishining

o‘zgarishlariga qarshi tarmoqda qo‘shimcha energiya zaxiralari yoki batareyalar kerak bo‘lishi mumkin.

- **Afzalliklari**: Katta miqyosdagi energiya ishlab chiqarish va uzatishda yuqori samaradorlik.
- **Kamchiliklari**: Katta energiya ishlab chiqaruvchi tizimlar va tarmoqni boshqarishda murakkabliklar mavjud bo‘lishi mumkin.

500 kVli tarmoqlar eng yuqori kuchlanishli tarmoqlar bo‘lib, ular uzoq masofalarga yuqori quvvatda energiya uzatish uchun ishlatiladi. Bu tarmoqlar asosan yirik markaziy quyosh elektr stansiyalarini tarmoqka ulash uchun ishlatiladi.

- **Integratsiya uchun zarur parametrlar**: Yirik quyosh elektr stansiyalarining energiyasi yuqori quvvatli tizimlar orqali uzatiladi. Tarmoqning samarali ishlashi uchun ko‘p miqdorda quvvatni boshqarish va energiya zaxiralarini o‘rnatish kerak.
- **Afzalliklari**: Yirik quyosh elektr stansiyalarining energiyasini katta masofalarga uzatish, barqaror energiya ta’minoti.
- **Kamchiliklari**: Tarmoqda ko‘p miqdorda energiya uzatishning murakkabligi, energiya yo‘qotishlarining kamaytirilishi zarur.
- **Samaradorlik va yo‘qotishlarni kamaytirish**: Quyosh energiyasining tarmoqka uzatilishida samarali uzatish tizimlarini yaratish zarur. Bu tizimda konvertorlar, invertorlar va kuchlanishni boshqarish tizimlari muhim ahamiyatga ega.
- **Zaxiralar**: Quyosh energiyasi ishlab chiqarishning o‘zgaruvchanligi tufayli, energiya zaxiralari yoki batareyalar tizimini integratsiya qilish zarur bo‘lishi mumkin.
- **Tarmoqni boshqarish**: Tarmoqning yuqori samaradorligini ta’minlash uchun energiya oqimini boshqarish tizimi zarur. Bu tizim tarmoqdagi energiya balansini muvozanatlash va energiya uzatishda hech qanday yo‘qotish bo‘lmasligini ta’minlashga yordam beradi.

Quyosh elektr stansiyalarini **220 kV**, **110 kV**, **35 kV**, va **10 kV**li elektr tarmoqlariga integratsiya qilish mumkin, ammo bu holatda har bir tarmoq turiga mos

ravishda energiya ishlab chiqarish va uzatish samaradorligini ta’minlash uchun tizimlarni optimallashtirish zarur. Katta kuchlanishli tarmoqlar (masalan, 220 kV va 500 kV) yirik quyosh elektr stansiyalari uchun eng mos keladi, kichik tarmoqlar esa kichik quvvatli tizimlar uchun ideal bo‘lishi mumkin.

Quyosh elektr stansiyalarini elektr tarmoqlariga integratsiya qilishda fazalar orasidagi burchak (fazoviy burchak), quvvatlarning tebranishi (yoki osilishini) va boshqa fizik kattaliklarni hisobga olish zarur, chunki bunday o‘zgarishlar tarmoqning barqarorligini va energiya uzatish samaradorligini ta’sir qiladi. Quyidagi formulalar yordamida bularni izohlash va hisoblash mumkin.

Fazalar orasidagi burchak (fazoviy burchak)

Elektr energiyasining uzatilishi va qabul qilinishi asosan fazaviy parametrlar bilan bog‘liqdir. Elektr energiyasi tizimida fazalar orasidagi burchak o‘zgarishlarni ifodalash va boshqarish tizimning samarali ishlashini ta’minlash uchun zarur.

Fazoviy burchakni hisoblash

Fazalar orasidagi burchak, odatda AC (almashinish) tizimlarida kuzatiladi va quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\phi = \arctan\left(\frac{V_L}{I_L}\right)$$

Bu yerda:

ϕ — fazoviy burchak (gradus yoki radianlarda),

V_L — kuchlanish (V),

I_L — tok kuchi (A).

Fazoviy burchak quyosh elektr stansiyasini tarmoqka integratsiya qilishda muhim ahamiyatga ega, chunki tizimda tokning va kuchlanishning o‘zgarishi, masalan, quyosh nurlanishining o‘zgarishi bilan, tizimda fazalar o‘rtasidagi burchakni boshqarish talab etiladi.

Fazaviy burchak va tarmoq barqarorligi

Agar fazalar orasidagi burchak normal diapazondan oshsa (odatda, ±30°), bu energiyaning tebranishiga olib kelishi mumkin, bu esa tarmoqda uzatish

samaradorligini pasaytiradi va hatto qisqa tutashuvlar yoki tizimning barqarorligini yo‘qotishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Quyosh elektr stansiyasining energiya ishlab chiqarishidagi o‘zgaruvchanlik tizimdagi quvvat tebranishlarini (osilishini) keltirib chiqarishi mumkin. Bu quyosh nurlanishi, iqlim sharoitlari, va boshqa omillarga bog‘liq ravishda sodir bo‘ladi. Tez-tez o‘zgaruvchan quvvat (tebranish) tizimning barqarorligini ta’minlash uchun inobatga olinishi zarur.

Tezlikni hisoblash (quvvat osilishi)

Quyosh elektr stansiyasining tarmoqka uzatilgan quvvati, ba’zan tizimdagi energiya tebranishlariga olib keladi. Bu tebranishlar quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$P_{\text{tebranish}} = P_{\text{max}} \cdot \sin(\omega t)$$

Bu yerda:

$P_{\text{tebranish}}$ — tebranishli quvvat (kW),

P_{max} — maksimal quvvat (kW),

ω — burchak tezligi ($\omega = 2\pi f$, f — chastota),

t — vaqt (sekundlarda).

Bu formula orqali quyosh elektr stansiyasining quvvat ishlab chiqarishidagi vaqt bo‘yicha o‘zgarishlar va tebranishlarni ifodalash mumkin.

Tarmoqning yuqori va past quvvatlarga nisbatan tebranishi

Tarmoqda uzatiladigan quvvatni tarmoqdagi uzatish samaradorligiga qarab, uzatishda yo‘qotishlar va tizimda yuzaga keladigan energiya tebranishlarini hisoblash zarur. Quvvatning past va yuqori chegaralariga nisbatan tebranishlar quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{rated}} + \Delta P_{\text{oscillation}}$$

Bu yerda:

P_{max} — maksimal quvvat,

P_{rated} — nominal quvvat (nominal ish holatidagi quvvat),

$\Delta P_{\text{oscillation}}$ — quvvatning osilishini ifodalovchi o‘zgarishlar.

Tez-tez o‘zgarishlar va tizimni boshqarish

Quyosh elektr stansiyasining energiya ishlab chiqarishi o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli, tizimda vaqtincha yuksalishlar va pasayishlar (tebranishlar) bo‘lishi mumkin. Bu tizimni boshqarish uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$P_{\text{network}}(t) = P_{\text{panel}} \cdot (1 + \alpha \cdot \sin(\omega t))$$

Bu yerda:

$P_{\text{network}}(t)$ — tarmoqka uzatilgan quvvat (kW),

P_{panel} — panel tomonidan ishlab chiqariladigan quvvat (kW),

α — quvvatning osilishi darajasini belgilovchi parametr,

ω — chastota (rad/s).

Tez-tez o‘zgarishlarni va energiya tebranishlarini boshqarish tizimi uchun tarmoqdagi energiya ishlab chiqarish va qabul qilishning barqarorligini ta’minlash kerak.

Tarmoqning fazaviy va quvvat tebranishlarini boshqarish

Tarmoqda quyosh energiyasini uzatish tizimining barqarorligini ta’minlash uchun quyidagi amallar bajariladi:

Fazoviy burchakni optimallashtirish: Tarmoqka uzatilayotgan energiyaning fazoviy burchagini boshqarish tizimi orqali energiya yo‘qotishlarini kamaytirish zarur.

Quvvatning osilishini boshqarish: Quvvatning osilishini (tebranishini) minimallashtirish uchun invertorlar va batareyalar orqali o‘zgarishlarga javob beradigan tizimlar o‘rnatiladi.

Tarmoqni sozlash: Tarmoqning yuqori va past quvvatdagi o‘zgarishlarni va fazalar orasidagi burchaklarni boshqaradigan tizimlarni o‘rnatish zarur. Bu tizimlar energiya tebranishlarini kamaytiradi va tarmoqning barqarorligini ta’minlaydi.

Quyosh elektr stansiyasining elektr tarmog‘iga integratsiya qilinishi jarayonida fazalar orasidagi burchak va quvvat tebranishlarini hisobga olish zarur. Bu o‘zgarishlar tarmoqdagi energiya oqimini va tizimning barqarorligini ta’minlash uchun muhim ahamiyatga ega. Fazaviy burchakni va quvvat osilishini boshqarish tizimi orqali energiya ishlab chiqarish va uzatishning samaradorligini yaxshilash mumkin.

2. Shamol elektr stansiyalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalash

Shamol energiyasidan foydalanish zamonaviy energetika tizimlarida keng tarqalgan bo'lib, bu tizimlar hamda ularning elektr tarmoqlariga integratsiyasi o'ziga xos texnik muammolarni hal qilishni talab qiladi. Shamol elektr stansiyalarining tarmoqqa ulanishi, ularning energiya ishlab chiqarishidagi o'zgaruvchanlik, shuningdek, tarmoqning samarali ishlashini ta'minlash uchun amalga oshiriladigan optimizatsiya choralari haqida quyidagi nazariy va matematik tushunchalar keltiriladi [73].

Shamol energiyasi o'zgaruvchan va tasodifiy xususiyatlarga ega bo'lib, bu uning ishlab chiqarish samaradorligini keltirib chiqaradi. Shamol stansiyalarining ishlab chiqarish quvvati quyidagi omillarga bog'liq:

Shamol tezligi

Shamol yo'nalishi

Geografik sharoitlar

Elektr tizimining barqarorligi

Shamol elektr stansiyasining ishlab chiqarish quvvati:

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta$$

Bu yerda:

P_{wind} — shamol stansiyasining ishlab chiqarish quvvati (kW),

ρ — havoning zichligi (kg/m³),

A — turbinaning yuzasi (m²),

v — shamol tezligi (m/s),

η — turbinaning samaradorlik koeffitsienti.

Shamol tezligi turli vaqt oralig'ida o'zgaradi, shuning uchun quvvat ishlab chiqarish ham o'zgaruvchan bo'ladi [74]. Bu esa tarmoqda o'zgarishlarga olib kelishi mumkin.

Shamol elektr stansiyasining tarmoqqa integratsiyasi quyidagi omillarni inobatga olishni talab qiladi:

Energiya tebranishlari: Shamol tezligining o'zgarishi, tarmoqda quvvatning keskin o'zgarishlariga olib kelishi mumkin, bu esa energiya tizimining barqarorligiga ta'sir qiladi.

Fazoviy koordinatsiyalar va burchaklar: Shamol stansiyasining ishlab chiqarish quvvati tizimdagi fazoviy burchaklar va quvvat balansini saqlashni talab qiladi [75].

Tarmoqni sozlash: Shamol stansiyasidan olingan energiyani tarmoqqa uzatishda tarmoqda samarali ishlashni ta'minlash uchun invertorlar va energiya saqlash tizimlari kerak.

Shamol elektr stansiyasidan tarmoqka uzatilgan energiya o'zgaruvchan bo'lsa-da, bu o'zgarishlarni boshqarish uchun turli strategiyalar mavjud:

Shamol stansiyasining ishlab chiqarish quvvati vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi, bu esa energiya tebranishlarini (osilishini) keltirib chiqaradi. Quvvatni vaqt bo‘yicha hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$P_{\text{oscillation}}(t) = P_{\text{max}} \cdot \sin(\omega t)$$

Bu yerda:

$P_{\text{oscillation}}(t)$ — tebranishli quvvat (kW),

P_{max} — maksimal quvvat (kW),

ω — burchak tezligi ($\omega = 2\pi f$, f — chastota),

t — vaqt (sekundlarda).

Tarmoqning yuqori va past quvvatdagi o'zgarishlarni minimallashtirish uchun invertorlar va batareyalar ishlatiladi [76]. Bunda, quvvatning tebranishi quyidagi formulalar yordamida tarmoqda boshqariladi:

$$P_{\text{network}}(t) = P_{\text{panel}} \cdot (1 + \alpha \cdot \sin(\omega t))$$

Bu yerda:

$P_{\text{network}}(t)$ — tarmoqka uzatilgan quvvat (kW),

P_{panel} — panel tomonidan ishlab chiqariladigan quvvat (kW),

α — quvvatning osilishi darajasini belgilovchi parametr,

ω — chastota (rad/s).

4. Shamol Energiya Tizimiga Integratsiya qilishda Elektr Tarmoqlari Uchun Hisoblashlar

Shamol elektr stansiyasining energiya ishlab chiqarishining o'zgaruvchanligi tufayli tarmoqni quyidagi usullar yordamida optimallashtirish kerak:

Invertorlarni optimallashtirish: Tarmoqning energiya balansini saqlash uchun invertorlar yordamida ishlab chiqarish va iste'mol orasidagi farqlarni kamaytirish.

Energiya saqlash tizimlari: Tarmoqda ishlab chiqarilayotgan ortiqcha energiyani batareyalar yoki boshqa saqlash tizimlarida yig'ish va zarur bo'lganda tarmoqka qaytarish.

Shamol stansiyasining elektr tarmog‘iga integratsiya qilinishi jarayonida quyidagi choralar ko‘riladi:

Tarmoqni sozlash: Tarmoqda yuqori va past quvvat o‘zgarishlarini boshqarish.

Boshqaruv tizimlarini optimallashtirish: Shamol energiyasi tizimi tomonidan ishlab chiqarilgan quvvatning tebranishlarini minimallashtirish uchun invertorlar va energiya saqlash tizimlarini boshqarish [77].

Shamol elektr stansiyalarining elektr tarmoqlariga integratsiyasi energiya tizimining barqarorligini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi. Shamol tezligi o‘zgarishi va energiya ishlab chiqarishdagi o‘zgaruvchanliklar tarmoqda quvvatning tebranishlarini keltirib chiqarishi mumkin, shu sababli tizimni optimallashtirish va energiya balansini saqlash zarur. Tarmoqdagi energiya ishlab chiqarish va uzatish samaradorligini yaxshilash uchun invertorlar, energiya saqlash tizimlari va boshqaruv tizimlaridan foydalanish kerak.

3. Mikro gidroelektrstansiyalarni elektr tarmog‘iga integratsiyasi

Mikro gidroelektr stansiyalar (MHE) kichik o‘lchamdagi gidroelektrik qurilmalar bo‘lib, asosan kichik daryolar, kanal va boshqa suv manbalaridan foydalanib energiya ishlab chiqarishadi. Ularning elektr tarmoqlariga integratsiyasi ham o‘ziga xos muammolarni hal qilishni talab qiladi. Quyida mikro gidroelektr stansiyalarining elektr tarmog‘iga integratsiyasini o‘rganadigan nazariy va amaliy jihatlar keltiriladi, shu bilan birga adabiyotlar keltirilgan [78].

Mikro gidroelektr stansiyasining energiya ishlab chiqarishi asosan quyidagi omillarga bog‘liq:

Suv oqimi tezligi: Suv oqimining tezligi gidroelektr stansiyasining quvvatini belgilaydi.

Suv balandligi: Gidroelektr stansiyasining quvvati balandlik (yoki bosim) farqiga bog‘liq [79].

Turbina samaradorligi: Mikro gidroelektr stansiyalarining quvvat ishlab chiqarish koeffitsienti turbinaning samaradorligi va turbinaning dizayni bilan bog‘liq [80].

Gidroelektr stansiyasining ishlab chiqarish quvvati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$P_{\text{hydro}} = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Bu yerda:

P_{hydro} — gidroelektr stansiyasining ishlab chiqarish quvvati (kW),

η — turbinaning samaradorlik koeffitsienti,

ρ — suvning zichligi (kg/m³),

g — erkin tushish tezligi (9.81 m/s²),

Q — suv oqimi (m³/s),

H — suv balandligi (m).

Mikro gidroelektr stansiyalarini elektr tarmog‘iga ulashda ko‘plab texnik muammolar mavjud. Ularning ba'zilari quyidagilar:

Suv oqimining o‘zgaruvchanligi: Suvning oqish tezligi vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi, bu esa ishlab chiqarilayotgan quvvatning o‘zgarishiga olib keladi. Bu esa tarmoqning barqarorligiga ta’sir qiladi.

Energiya saqlash tizimlari: Tez o‘zgarib turadigan energiya ishlab chiqarishni boshqarish uchun energiya saqlash tizimlaridan foydalanish zarur.

Tarmoqni boshqarish: Tarmoqni optimallashtirish va tarmoqdagi quvvatning tebranishlarini kamaytirish uchun invertorlar va boshqaruv tizimlaridan foydalanish talab qilinadi.

Mikro gidroelektr stansiyalarini tarmoqqa integratsiya qilishda quyidagi optimallashtirish usullaridan foydalanish mumkin:

Invertorlar va kuchlanishni boshqarish tizimlari: Mikro gidroelektr stansiyalaridan olinadigan energiya o‘zgaruvchan bo‘lishi sababli invertorlar va boshqaruv tizimlari orqali tarmoqni optimallashtirish kerak [81].

Energiya saqlash tizimlari: Mikro gidroelektr stansiyalaridan ishlab chiqarilgan ortiqcha energiya batareyalar yoki boshqa saqlash tizimlarida saqlanib, zarur bo‘lganda tarmoqqa uzatiladi.

Smart grid tizimlari: Yangi texnologiyalar yordamida, masalan, aqlli tarmoq tizimlari yordamida tarmoqning samaradorligini oshirish mumkin.

Nazorat savollari

1. Mikro gidroelektr stansiyasining energiya ishlab chiqarish quvvati qanday hisoblanadi?
2. Quyosh energiyasini elektr tarmog‘iga ulashda qanday texnik muammolar yuzaga keladi?
3. Shamol energiyasini elektr tarmog‘iga integratsiya qilishda invertorlar qanday rol o‘ynaydi?
4. Gidroelektr stansiyasining ishlab chiqarish quvvatiga qanday omillar ta’sir qiladi?
5. Smart grid tizimlari yordamida tarmoqni optimallashtirishning afzalliklari nimalardan iborat?
6. Mikro gidroelektr stansiyalarini tarmoqka ulashda suv oqimining o‘zgaruvchanligi qanday ta’sir qiladi?
7. Quyosh va shamol energiyasi ishlab chiqarishidagi o‘zgaruvchanlik tarmoqni boshqarishda qanday muammolarni keltirib chiqaradi?
8. Energiya saqlash tizimlarining roli haqida nima deyish mumkin?
9. Tarmoqni boshqarish uchun qanday texnologiyalar qo‘llaniladi va ular qanday ishlaydi?
10. Mikro gidroelektr stansiyalari va quyosh/shamol energiyasi tizimlarining birgalikda ishlashi qanday optimallashtirilishi mumkin?

3.2 Muqobil energiya manbalarida ishlab chiqarilgan elektr energiyasini uzatish

Reja:

1. Gidroelektr stansiyalarini (GES) tarmoqqa bog‘lash muammolari.
2. Quyosh elektr stansiyalarini tarmoqqa ulash muammolari.
3. Shamol elektr stansiyalarini tarmoqqa ulash muammolari.

1. Gidroelektr stansiyalarini (GES) tarmoqqa bog‘lash muammolari

Gidroelektr stansiyalari suvning potensial va kinetik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi. Bu jarayon quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

- *Suvning to‘planishi*: Daryo yoki suv manbai ustiga qurilgan to‘g‘on orqali suv balandlikda to‘planadi, bu esa potensial energiyani hosil qiladi.
- *Suvning tushirilishi*: To‘g‘ondan pastga tushayotgan suv quvurlari orqali yuqori bosim ostida turbinalarga yo‘naltiriladi.
- *Mexanik energiyaga aylantirish*: Suvning kinetik energiyasi turbina pichoqlarini aylantiradi, bu esa mexanik energiyani hosil qiladi.
- *Elektr energiyasiga aylantirish*: Turbina miliga ulangan generator mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiradi.

Gidroelektr stansiyalarida asosan quyidagi turdagi generatorlar qo‘llaniladi:

- *Sinxron generatorlar*: Bu generatorlar turbina bilan sinxron ravishda aylanishi tufayli chastotani barqaror ushlab turadi. Sinxron generatorlar tarmoq bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lanadi va chastotani aniq nazorat qilish imkonini beradi.
- *Asinxron generatorlar*: Bu turdagi generatorlar oddiyroq tuzilishga ega bo‘lib, kichik va o‘rta quvvatli gidroelektr stansiyalarida qo‘llaniladi. Biroq, ular chastotani nazorat qilishda sinxron generatorlarga nisbatan kamroq samaradorlikka ega.

Generator tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi odatda past kuchlanishda bo‘ladi (masalan, 11 kV). Bu energiyani uzoq masofalarga samarali uzatish uchun yuqori kuchlanishga ko‘tarish talab etiladi. Bu jarayonda transformatorlar muhim rol o‘ynaydi:

Asosiy transformatorlar: Bu transformatorlar generator chiqish kuchlanishini yuqori kuchlanishga (masalan, 24 kV yoki undan yuqoriga) ko‘taradi, bu esa energiyani uzoq masofalarga kichik yo‘qotishlar asosida uzatish imkonini beradi.

Kuchlanishni ko‘taruvchi kuch transformatorlar: Bu transformatorlar elektr stansiyasida generatorning chiqish kuchlanishini yuqori kuchlanishli shinalar uchun moslashtiradi va yuqori kuchlanishli liniyalar orqali kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlarga quvvat yetkazib beradi.

Kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlar: Bu transformatorlar yuqori kuchlanishli shinalar kuchlanishini past kuchlanishli shinalarga tushiradi va past kuchlanishli bir fazali va uch fazali yuklamalarga quvvat yetkazib beradi [82].

Transformatorlarda kuchlanish oshirilgandan so‘ng, elektr energiyasi uzatish liniyalari orqali iste'molchilarga yetkaziladi. Uzatish jarayonida quyidagi bosqichlar amalga oshiriladi:

- *Uzatish liniyalari*: Yuqori kuchlanishli elektr energiyasi uzatish liniyalari orqali uzoq masofalarga yetkaziladi. Yuqori kuchlanish yo‘qotishlarni kamaytiradi va uzatish samaradorligini oshiradi.
- *Kuchlanishni tushirish jarayoni:* Iste'molchilarga yaqin joylashgan past kuchlanishli transformatorlar yordamida kuchlanish iste'molchilar uchun mos darajaga tushiriladi (masalan, 220V yoki 380V).

Ushbu jarayonlar orqali gidroelektr stansiyalarida suv energiyasi elektr energiyasiga aylantirilib, transformatorlar yordamida tarmoqqa uzatiladi va iste'molchilarga yetkaziladi [83].

Gidroelektr stansiyalarini (GES) elektr tarmoqlariga ulash jarayonida bir qator muammolar yuzaga keladi, jumladan, kuchlanish tebranishlari, chastota o‘zgarishlari va fazalar orasidagi farqlar. Bu muammolar tarmoq barqarorligi va samaradorligiga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin [84].

Kuchlanish tebranishlari:

GESlarning ishga tushirilishi yoki to‘xtatilishi natijasida tarmoqda kuchlanish tebranishlari kuzatilishi mumkin. Bu tebranishlar elektr jihozlarining ishlashiga salbiy ta'sir ko‘rsatadi va ularning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Kuchlanish tebranishlarini kamaytirish uchun quyidagi choralar ko‘riladi:

Avtomatik kuchlanish boshqarish tizimlari: Bu tizimlar tarmoqdagi kuchlanishni doimiy nazorat qilib, kerakli o‘zgarishlarni avtomatik ravishda amalga oshiradi.

Kondensator banklari: Reaktiv quvvat kompensatsiyasi orqali kuchlanish tebranishlarini kamaytiradi va tarmoq barqarorligini oshiradi.

Chastota o‘zgarishlari:

GESlarning tarmoqqa ulanishi yoki uzilishi tarmoq chastotasida o‘zgarishlarga sabab bo‘lishi mumkin. Chastotaning o‘zgarishi elektr tizimining umumiy barqarorligiga ta'sir qiladi va boshqa elektr stansiyalarining ishlashiga ham ta'sir ko‘rsatishi mumkin. Chastota o‘zgarishlarini boshqarish uchun:

Tezkor javob beruvchi boshqaruv tizimlari: GESlarning tezkor javob berish imkoniyatidan foydalanib, chastota o‘zgarishlariga tezda moslashish.

Inersiya xususiyatlaridan foydalanish: GESlarning mexanik inersiyasidan foydalanib, chastota o‘zgarishlarini yumshatish.

Fazalar orasidagi farqlar:

GESlarni tarmoqqa ulashda fazalar orasidagi burchak farqlari muhim ahamiyatga ega. Agar fazalar mos kelmasa, bu tarmoqda katta oqimlarning paydo bo‘lishiga va jihozlarning shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Buni oldini olish uchun:

Sinxroskoplardan foydalanish: Sinxroskoplar yordamida GES va tarmoq fazalari mosligi aniqlanadi va ulanish faqat fazalar to‘g‘ri kelganda amalga oshiriladi.

Avtomatik sinxronizatsiya tizimlari: Bu tizimlar GES va tarmoq fazalarini avtomatik ravishda moslashtiradi va ulanish jarayonini xavfsiz amalga oshiradi [85].

GESlarni tarmoqqa ulashda ushbu muammolarni samarali hal qilish elektr tizimining barqarorligi va ishonchliligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Gidroelektr stansiyalarni tarmoqqa ulash jarayonida uning quvvatiga bog’liq holda tarmoq parametrlariga katta ta’sir ko‘rsatiladi. Tarmoqning quvvati GES quvvatiga nisbatan katta qiymatni tashkil etsa GES ning ishga tushishi kichik tebranishlarni yuzaga keltirib chiqaradi. Bu esa tarmoqni o’zgarishlarsiz ishlashini ta’minlaydi. Agar tarmoq quvvatining sezilarli qismini tashkil etsa tarmoqda xuddi shunday tebranish hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi va tarmoqdagi normal rejimni buzilishiga olib kelishi mumkun bo‘ladi.

2. Quyosh elektr stansiyalarini tarmoqqa ulash muammolari.

Quyosh energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqarish, uning ekologik tozaligi va iqtisodiy samaradorligi bilan ajralib turadi. Biroq, quyosh elektr stansiyalarini (QES) tarmoqqa ulashda bir qancha muammolar mavjud. Bu muammolar texnik, iqtisodiy va ijtimoiy jihatdan tarmoqni samarali ishlashini ta'minlash uchun yechimlarni talab qiladi. Quyosh energiyasini tarmoqqa ulashning asosiy muammolarini quyidagicha guruhlash mumkin:

Quyosh energiyasi tabiiy sharoitlarga bog'liq bo'lib, kunning turli paytlarida va ob-havo sharoitlariga qarab ishlab chiqarish darajasi o'zgarib turadi. Quyosh nurlanishi ob-havoga, fasllarga va kun soatlariga bog'liq, bu esa quyosh elektr stansiyalarining energiya ishlab chiqarish jarayonini sezilarli darajada o'zgaruvchan qiladi [86].

Bunda asosiy muammo tez o'zgaruvchan ishlab chiqarish kuchlanish va chastota barqarorligini saqlashda tarmoq operatsiyalarini murakkablashtiradi. Bu esa energiya tarmog'ining barqarorligini ta'minlashda qiyinchiliklarga olib keladi.
Buni oldini olish uchun quyosh energiyasini tarmoqqa ulashda "energiya saqlash tizimlari" (masalan, batareyalar) yoki ilg'or boshqaruv tizimlari (masalan, sun'iy intellekt yordamida energiya ishlab chiqarishni prognoz qilish) yordamida bu o'zgaruvchanlikni boshqarish mumkin.

Quyosh elektr stansiyalarining tarmoqqa ulashidan so'ng, uning parametrlaridagi o‘zgarishlar tarmoqning umumiy stabil ishlashiga ta'sir qiladi. Quyosh stansiyalarining uzluksiz ishlashi, shuningdek, ishlab chiqarilgan elektr energiyasining tarmoqqa samarali uzatilishi uchun tarmoqni qo'llab-quvvatlash tizimlari talab etiladi. Quyosh energiyasining o'zgaruvchanligi va barqaror emasligi tarmoqda kuchlanish o'zgarishlariga, quvvatni boshqarish muammolariga olib kelishi mumkin. Bu, o'z navbatida, tarmoqni boshqarishda muammolarni yuzaga keltiradi. Bunday muammolarni tarmoqning kuchlanishini va energiya oqimlarini barqarorlashtirish uchun tarmoqni ko'p bosqichli boshqaruv tizimlari bilan ta'minlash lozim. Shu bilan birga, energiya saqlash texnologiyalari (batareyalar, energiya akkumulyatorlari) yordamida quyosh elektr stansiyalaridan olingan energiya zarurat bo'lgan paytda ishlatilishi mumkin.

Quyosh elektr stansiyalarini mavjud tarmoqlarga ulashda infratuzilma masalalari ham muhim ahamiyatga ega. Ko'pincha, quyosh elektr stansiyalari joylashgan hududlar tarmoqdan uzoqda bo'ladi, bu esa ulanishni qiyinlashtiradi va qo'shimcha xarajatlarni keltirib chiqaradi. QESni tarmoqqa ulash uchun uzatish liniyalarini o'rnatish va mavjud tarmoqni modernizatsiya qilish kerak. Bu o'z navbatida katta xarajatlarni va vaqt talab qiluvchi jarayonni anglatadi. Yangi tarmoqlarni qurish yoki mavjud tarmoqni kengaytirish orqali ushbu muammolarni hal qilish mumkin. Bundan tashqari, kichik o'lchamdagi mikro tarmoqlar va tarqatilgan energiya manbalarini qo'llab-quvvatlash (masalan, "smart grid" tizimlari) tarmoqqa ulashdagi muammolarni kamaytirishi mumkin.

Quyosh elektr stansiyalarini tarmoqqa ulashda boshqaruv tizimlari va energiya oqimlarini nazorat qilish muhim ahamiyatga ega. Bu tarmoqlarni moslashtirish va energiya manbalarini samarali boshqarish uchun ilg'or tizimlar talab etiladi. Quyosh energiyasining integratsiyasi uchun ilg'or boshqaruv tizimlari va algoritmlar zarur, chunki quyosh energiyasining ishlab chiqarilishi tarmoqni bevosita boshqarishni talab qiladi. "Smart grid" texnologiyalarini joriy etish va quyosh elektr stansiyalaridan olingan energiyani samarali boshqarish uchun

avtomatlashtirilgan tizimlar va sun'iy intellektga asoslangan tizimlar ishlatish kerak [87].

Quyosh elektr stansiyalarining tarmoqqa ulanishi ko'pincha iqtisodiy jihatdan qimmatga tushadi. Tarmoqni kengaytirish, yangi infratuzilma yaratish va integratsiyani amalga oshirish uchun katta sarmoyalar talab qilinadi. Bundan tashqari, davlat siyosati va qonunchiligi ham bu jarayonda muhim o'rin tutadi.

Tarmoqqa quyosh elektr stansiyalarini ulashdagi iqtisodiy va siyosiy to'siqlar, xususan, subsidiyalar, soliqlar va investitsiya muammolari energiya ishlab chiqaruvchilarni tarmoqqa ulanishda qiynalayotganini ko'rsatadi.

Quyosh energiyasini rivojlantirish uchun investitsiyalarni qo'llab-quvvatlash, hukumat tomonidan chiqarilgan subsidiyalar va qulay shart-sharoitlar bu muammoni hal qilishda yordam beradi.

Quyosh elektr stansiyalarini tarmoqqa ulashda yuzaga keladigan muammolar texnik, iqtisodiy va ijtimoiy omillarni o'z ichiga oladi. Ushbu muammolarni hal qilish uchun ilg'or texnologiyalar, samarali boshqaruv tizimlari, infratuzilmani modernizatsiya qilish va siyosatni qo'llab-quvvatlash zarur. Energiya saqlash tizimlari va "smart grid" texnologiyalari bu jarayonda muhim o'rin tutadi, bu esa quyosh energiyasining to'liq salohiyatidan foydalanishga imkon beradi.

34-rasm. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarida energiya ishlab chiqarish.

3. Shamol elektr stansiyalarini tarmoqqa ulash muammolari.

Shamol energetikasi — qayta tiklanuvchi energiya manbai sifatida global miqyosda o'sib bormoqda. Shamol elektr stansiyalarini (SHES) tarmoqqa ulashda bir qancha muammolar yuzaga keladi. Ushbu muammolarni hal qilish uchun samarali yechimlar ishlab chiqilmoqda, ammo hamon ba'zi texnik va iqtisodiy qiyinchiliklar mavjud. Quyida shamol elektr stansiyalarini tarmoqqa ulashdagi asosiy muammolarni va ularni hal qilishga qaratilgan yondashuvlarni ko'rib chiqamiz.

Shamol energiyasining asosiy muammolaridan biri uning intermitent tabiatidir. Shamol tezligi va yo'nalishi doimiy o'zgarib turadi, bu esa energiya ishlab chiqarishning noaniq bo'lishiga olib keladi. Shamolning o'zgaruvchanligi, tarmoqdagi talab va ishlab chiqarishni muvozanatlashda qiyinchiliklar yaratadi, chunki shamol stansiyalarining ishlab chiqarish quvvati o'zgaruvchan bo'lib, ba'zan u juda past yoki umuman bo'lmaydi [88].

Energiya saqlash tizimlari: Batareyalar, akkumulyatorlar, gidroelektr stansiyalari yoki boshqa saqlash tizimlari yordamida tarmoqdagi energiya balansini saqlash mumkin. Bu tizimlar energiya ishlab chiqarish va talab o'rtasidagi farqni kamaytirishga yordam beradi.

Aqlli tarmoq (smart grid): Aqlli tarmoq texnologiyalari tarmoqni boshqarish, energiya iste'molini va ishlab chiqarilishini real vaqtda optimallashtirish imkonini beradi. Bu tarmoqni energiya manbalarining o'zgarishiga moslashtirishda yordam beradi.

Shamol stansiyalari tarmoqqa ulashda tarmoqning barqarorligini ta'minlash katta ahamiyatga ega. Shamol turbinasi ishlab chiqaradigan energiya bir vaqtning o'zida katta tebranishlar yoki pulsatsiyalarni keltirib chiqarishi mumkin, bu esa tarmoqning barqarorligini buzishi mumkin. O'zgaruvchan kuchlanishlar, chastota va faza siljishlari tarmoqni muammoga olib kelishi mumkin.

Sof elektronik boshqaruv tizimlari: Shamol turbinasi orqali energiya uzatishda kuchlanishning barqarorligini ta'minlash uchun konvertorlardan va o'zgaruvchan chastotali boshqaruvdan foydalanish.

Statik sinxron kompensatorlar: Tarmoqdagi energiya oqimini boshqarish va barqarorligini ta'minlash uchun statik sinxron kompesatorlar va energiya saqlash tizimlari ishlab chiqilmoqda.

Shamol elektr stansiyalari ko'pincha qishloq yoki chekka hududlarda joylashadi, bu esa ishlab chiqarilgan energiyani uzoq masofalarga uzatishda yo'qotishlarni keltirib chiqaradi. Elektr energiyasini uzoq masofaga uzatish jarayonida yuqori voltli uzatish tarmoqlaridan foydalanish zarurati paydo bo'ladi, ammo bunday uzatish tizimlari ham o'ziga xos muammolarni keltirib chiqaradi.

Yuqori voltli uzatish tizimlari: Elektr energiyasini uzoq masofalarga samarali tarzda uzatish uchun yuqori voltli uzatish tarmoqlarini qurish kerak. Bu uzatish tizimlari energiya yo'qotishlarini kamaytiradi [89].

Ko'p nuqtali tarmoq: Shamol stansiyalarini tarmoqqa ulashda, ko'p nuqtali tarmoq tizimlari yordamida energiya ishlab chiqarish va uzatishni samarali boshqarish mumkin.

Shamol stansiyalarining ishlab chiqarish quvvati odatda katta, va ko'pincha bir nechta shamol turbinasi mavjud bo'ladi. Turbinlarning barchasini tarmoqqa ulashda turli xil texnik muammolar va qurilishning murakkabligi yuzaga keladi. Har bir turbinaning tarmoq bilan moslashuvi, tizimning umumiy ishlashiga ta'sir qilishi mumkin.

Modular tizimlar va tarqatilgan tizimlar: Shamol turbinalarini tarmoqqa ulashda, modul tizimlar va decentralizatsiyalashgan (tarqatilgan) tizimlardan foydalanish mumkin. Bu tizimlar mustahkam va barqaror ishlashni ta'minlaydi.

Tarmoqni moslashtirish va integratsiya qilish: Shamol energiyasini optimallashtirish va turbinalarni tarmoqqa integratsiya qilish uchun texnik va operatsion yechimlarni ishlab chiqish zarur.

Shamol energiyasining ishlashi va samaradorligi iqlim sharoitlariga, masalan, shamol tezligi va yo'nalishiga bog'liq. Bu, ayniqsa, shamol elektr stansiyalarining barqaror ishlashini ta'minlashda qiyinchiliklar keltirib chiqaradi. Biroq, shamol turbinlarining ishlash uchun zarur bo'lgan hududlar ba'zan ekologik tizimlar va tabiiy manzara bilan muammolarni keltirib chiqarishi mumkin.

Ekologik ta'sirni kamaytirish: Shamol elektr stansiyalarini joylashtirishda ekologik ta'sirni kamaytirish uchun maxsus hududlarni tanlash va zaruriy ekologik baholashni o'tkazish zarur.

Shamol tarmoqlarini optimallashtirish: Shamol energiyasini ishlab chiqarishda eng samarali va ekologik toza usullarni joriy etish.

Shamol turbinasi tizimlari yuqori texnik xizmat va ta'minotni talab qiladi. Ularning ishlash muddati davomida muntazam texnik xizmat ko'rsatish va ta'minot zarur. Bu, ayniqsa, yirik tarmoqlar va uzoq hududlarda joylashgan stansiyalar uchun katta muammo bo'lishi mumkin.

Avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari: Shamol turbinalarining ishlashini va tarmoqga uzatilayotgan energiyaning sifatini real vaqt rejimida monitoring qilish tizimlarini joriy etish.

Texnik xizmat ko'rsatish uchun optimallashtirilgan tizimlar: Turbinalar va ularning qismlarini almashtirish va ta'mirlash uchun samarali tizimlarni ishlab chiqish.

Shamol elektr stansiyalarini tarmoqqa ulashda bir qator texnik va iqtisodiy muammolar mavjud. Ushbu muammolarni samarali hal qilish uchun energiya saqlash tizimlari, aqlli tarmoq texnologiyalari, yuqori voltli uzatish tizimlari va ekologik toza yondashuvlar kabi yechimlar joriy etilishi lozim. Shamol energiyasini tarmoqqa integratsiya qilish, uning noaniqligi va o'zgaruvchanligini boshqarish uchun yangi texnologiyalarni ishlab chiqish zarur.

Nazorat savollari:

1. Gidroelektr stansiyasining tarmoqka ulanishida eng katta texnik muammolar nimalardan iborat?
2. GES tarmoqqa ulanayotganda energiya ishlab chiqarishning o'zgaruvchanligi tarmoqni qanday ta'sir qiladi?
3. GESning tarmoqqa ulanishida gidrologik sharoitlar va iqlim o'zgarishlarining ahamiyati qanday?
4. Gidroelektr stansiyalarini tarmoqqa ulashda energiya yo'qotishlarini qanday kamaytirish mumkin?

5. Quyosh energiyasining intermitentligi tarmoqni boshqarishda qanday qiyinchiliklar yaratadi?
6. Quyosh elektr stansiyasining ishlab chiqarish quvvati tarmoqdagi energiya balansiga qanday ta'sir qiladi?
7. Quyosh elektr stansiyalarini tarmoqqa ulashda energiya saqlash tizimlarining roli qanday?
8. Shamol elektr stansiyalarining tarmoqqa ulanishida shamolning o'zgaruvchanligi tarmoqning barqarorligiga qanday ta'sir qiladi?
9. SES tarmoqqa ulanayotganda energiya sifatini boshqarish va tarmoqni himoya qilish uchun qanday texnik yechimlar mavjud?
10. Shamol elektr stansiyalarini tarmoqqa ulashda tarmoqning tezlik va kuchlanishdagi o'zgarishlar qanday boshqariladi?

3.3 Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va muqobil energiya.

Reja:

1. Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va ularning muqobil energiya manbalariga integratsiyasi.

2. Intellektual tarmoqlar va ularning muqobil energiya tizimlarini qo‘llashdagi afzalliklari.

3. Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va muqobil energiya manbalarining kelajagi.

1. Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va ularning muqobil energiya manbalariga integratsiyasi.

Intellektual tarmoq (Smart Grid) – bu an'anaviy elektr energiyasini ishlab chiqarish, taqsimlash va iste'mol qilish tizimlarini raqamli texnologiyalar, avtomatlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini integratsiya qilish orqali optimallashtirilgan, samarali va barqaror energiya tizimidir. Smart Grid tizimi elektr energiyasining oqimini kuzatib borish, tarmoqni boshqarish, energiya ishlab chiqarish va iste'molni real vaqt rejimida optimallashtirish imkonini beradi.
Intellektual tarmoq tizimlari quyidagi asosiy komponentlardan iborat:

- **Sensorlar**: Tarmoq holatini kuzatish va energiya oqimlarini real vaqt rejimida monitoring qilish.
- **Avtomatlashtirilgan tizimlar**: Elektr energiyasini taqsimlashni va boshqarishni avtomatlashtirish orqali samaradorlikni oshirish.
- **Kommunikatsiya tarmoqlari**: Boshqaruv tizimlariga va iste'molchilarga real vaqt ma'lumotlarini uzatish.
- **Ma'lumotlar va analitika**: Yirik ma'lumotlarni tahlil qilish va tarmoqni samarali boshqarish uchun prognozlash.

Intellektual tarmoqlarning ahamiyati quyidagilardan iborat:

- **Energiya samaradorligi**: Smart Grid tizimi tarmoqda energiya oqimini yaxshilab boshqarish imkonini beradi, bu esa elektr energiyasini tejash va yo'qotishlarni kamaytirish imkonini yaratadi.
- **Barqarorlik**: Tarmoqning yuqori barqarorligi ta'minlanadi, chunki tizimdagi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari energiya ta'minotidagi uzilishlarni tezda aniqlash va tuzatish imkonini beradi.
- **Intermitentlikni boshqarish**: Muqobil energiya manbalarining intermitentligi (masalan, quyosh yoki shamol energiyasining o'zgaruvchanligi) Smart Grid yordamida boshqariladi. Bu tizim energiyaning uzluksiz va barqaror ta'minotini ta'minlaydi.
- **Resurslardan samarali foydalanish**: Intellektual tarmoq tizimlari energiya ishlab chiqarish, saqlash va taqsimlashni yanada samarali qiladi, shuningdek, iste'molchilar uchun energiya tejash imkoniyatlarini yaratadi [90].

Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari — bu energiya ishlab chiqarish, tarqatish va iste'mol qilish jarayonlarini inson aralashuvisiz boshqarishga imkon beradigan tizimlardir. Ular asosan quyidagi jarayonlarda ishlatiladi:

- **Energiya ishlab chiqarish**: Elektr stansiyalaridagi turli jarayonlarni avtomatik boshqarish, masalan, generatorlarni boshqarish, qayta tiklanadigan energiya manbalarini ulash, va ularning ishlab chiqarish darajasini optimallashtirish.

- **Energiya taqsimlash**: Elektr energiyasini taqsimlash va tarmoqdagi kuchlanishlarni avtomatik ravishda boshqarish. Bu tizimlar energiyaning taqsimotini optimal qilish va tarmoqdagi muammolarni avtomatik aniqlash uchun ishlatiladi.
- **Energiyani saqlash**: Akumulyatorlar yoki boshqa energiya saqlash tizimlari yordamida energiyaning ortiqcha qismini saqlash va kerak bo'lganda iste'molchilarga taqdim etish.
- **Nosozliklarni aniqlash va bartaraf etish**: Avtomatik boshqaruv tizimlari energiya tarmog'ida nosozliklarni tezda aniqlab, ular bilan bog'liq xavf-xatarlarni minimallashtiradi. Shuningdek, bu tizimlar nosozliklarni tezda tuzatish yoki tarmoqni tiklash imkoniyatini yaratadi.

2. Intellektual tarmoqlar va ularning muqobil energiya tizimlarini qo‘llashdagi afzalliklari.

Smart Grid tizimlari muqobil energiya manbalarini (quyosh, shamol, bioenergiya) elektr tarmog‘iga samarali tarzda qo‘shish va boshqarish imkoniyatini yaratadi. Smart Grid yordamida quyosh va shamol kabi o'zgaruvchan energiya manbalaridan foydalanishda yuzaga keladigan intermitentlik (o'zgaruvchanlik)ni boshqarish mumkin. Bunday tizimlar yordamida tarmoqda ortiqcha energiya saqlanib, kerak bo'lganda iste'molchilar uchun taqdim etilishi mumkin.

Shamol va quyosh energiyasining ishlab chiqarish darajasi o'zgaruvchan bo'lishi sababli, Smart Grid texnologiyalari ortiqcha energiyani saqlash tizimlariga uzatib, kerakli paytda tarmoqqa qaytarish imkoniyatini yaratadi. Bu tizimlar energiya taqsimoti va balansni optimallashtirishga yordam beradi.

1. **Energiyani samarali boshqarish va taqsimlashdagi afzalliklari**

Smart Grid tizimlari tarmoqdagi energiya oqimlarini real vaqt rejimida boshqarish imkoniyatini beradi. Bu orqali muqobil energiya manbalaridan maksimal darajada foydalanish, energiya sarfini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish mumkin. Smart Grid tizimi energiya taqsimoti jarayonlarini avtomatlashtiradi va ortiqcha energiyani iste'molchilarga to'g'ri vaqtda yetkazish imkoniyatini yaratadi.

Iste'molchilarga energiya sarfini kuzatib borish va rejali ravishda energiyani foydalanish uchun Smart Meter (aqlli hisoblagich) tizimlari qo‘llaniladi. Bu tizimlar iste'molchilarga tarmoqdagi energiya oqimini real vaqt rejimida ko'rsatib, ularni energiyani tejashga undaydi.

Tarmoqning barqarorligini oshirish

Smart Grid tizimlari tarmoqdagi nosozliklarni tezda aniqlash va bartaraf etish imkoniyatini beradi. Muqobil energiya manbalaridan foydalanish jarayonida energiya oqimida keskin o‘zgarishlar yuzaga kelishi mumkin. Smart Grid tizimi bu o'zgarishlarni aniqlash va tarmoqni qayta tiklashda muhim rol o'ynaydi.

Shamol turbinasi yoki quyosh paneli ishlab chiqarishni to‘xtatganida, Smart Grid tizimi avtomatik ravishda energiya manbalarini boshqa manbalarga (masalan, gaz yoki atom stansiyalariga) yo‘naltiradi va tarmoqdagi energiya taqsimotini saqlaydi.

Energiyani saqlash va tizimning barqarorligini ta'minlash

Smart Grid tizimi energiya saqlash tizimlarini (masalan, batareyalar yoki gidroenergiya saqlash tizimlari) boshqarish orqali ortiqcha energiyani saqlash va zarur bo‘lganda uni tarmoqqa qaytarish imkoniyatini yaratadi. Bu energiya manbalarining intermitentligini boshqarish va tarmoqdagi energiya balansini saqlashga yordam beradi.

Quyosh energiyasini ishlab chiqarish kunduzgi vaqtga to'g'ri keladi, lekin energiya talabining yuqori bo'lishi kechqurun bo'lishi mumkin. Smart Grid tizimi ortiqcha energiyani batareyalarda saqlaydi va kechqurun energiya ta'minotini ta'minlash uchun uni tarmoqqa uzatadi [91].

Energiyani optimallashtirish va iste'molchilarni boshqarish

Smart Grid texnologiyalari iste'molchilarga energiya sarfini optimallashtirishda yordam beradi. Iste'molchilar, o‘z navbatida, energiya iste'mol qilishni qisqartirish yoki yuqori talab davrlarida energiya iste'mol qilishni kechiktirish orqali o‘z xarajatlarini kamaytirishlari mumkin.

Dinamik tariflar tizimi yordamida Smart Grid iste'molchilarga eng arzon energiya narxlarini tanlash imkonini beradi. Misol uchun, energiya narxlari past

bo'lganda (masalan, kechqurun yoki tunda), iste'molchilar energiya iste'molini oshirishlari mumkin.

Atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish

Muqobil energiya manbalarining ishlatilishi va ularni Smart Grid tizimlari yordamida samarali boshqarish atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytiradi. Smart Grid texnologiyalari yordamida ko'mir yoki gazga asoslangan energiya ishlab chiqarishni kamaytirish va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni ko‘paytirish mumkin. Bu, o'z navbatida, karbonat angidrid gazlarining chiqarilishini kamaytiradi.

Smart Grid tizimlari muqobil energiya manbalarini ko'paytirish orqali global isish va boshqa ekologik muammolarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) muqobil energiya tizimlarini boshqarish, optimallashtirish va ulardan samarali foydalanish imkoniyatini yaratadi. Bu tizimlar orqali muqobil energiya manbalaridan maksimal darajada foydalanish, tarmoqni barqarorlashtirish va energiya taqsimotini optimallashtirish mumkin. Smart Grid texnologiyalari yordamida energiya samaradorligi oshadi, energiya xarajatlari kamayadi va atrof-muhitga salbiy ta'sir minimallashtiriladi.

3. Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va muqobil energiya manbalarining kelajagi.

Smart Grid texnologiyalari zamonaviy energiya tarmoqlarini avtomatlashtirish, optimallashtirish va boshqarish imkonini beruvchi raqamli tizimlardir. Bu tizimlar energiya ishlab chiqarish, taqsimlash va iste'mol qilishni samarali boshqarish uchun muhimdir. Smart Grid tizimlarining kelajagi elektr energiyasini ta'minlash, atrof-muhitni himoya qilish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishda katta o‘rin tutadi.

Smart Grid tizimlarining kelajakdagi rivojlanish istiqbollari

Tez o'sayotgan raqamli texnologiyalar va IoT integratsiyasi

Smart Grid tizimlari raqamli texnologiyalar va Internet of Things (IoT) orqali yanada rivojlanadi. Sensorlar, aqlli hisoblagichlar va raqamli boshqaruv tizimlari yordamida energiya oqimlarini real vaqt rejimida kuzatish, boshqarish va optimallashtirish mumkin bo'ladi. IoT texnologiyalari tarmoqni yanada aqlli qilishga

yordam beradi, shuningdek, energiya iste'molini tarmoq bo‘yicha taqsimlashda samaradorlikni oshiradi.

1. **Yuqori samarali energiya saqlash tizimlari**

Smart Grid tizimlarining kelajagi energiya saqlash texnologiyalarining rivojlanishi bilan chambarchas bog'liq. Batareyalar, superkondensatorlar va boshqa energiya saqlash tizimlari Smart Grid orqali ortiqcha energiyani saqlash va zarur bo'lganda uni tarmoqqa qaytarish imkoniyatini yaratadi. Bu texnologiyalar muqobil energiya manbalarining o'zgaruvchanligini boshqarishga yordam beradi va tarmoqni optimallashtiradi.

2. **Markazlashmagan energiya tizimlari va mikrotarmoqlar**

Kelajakda, tarmoqning yanada decentralizatsiya qilinishi ko'zda tutilmoqda. Markazlashmagan energiya resurslari va mikrotarmoqlar Smart Grid tizimlari orqali energiya ta'minoti va boshqaruvini mustahkamlashga yordam beradi. Mikrotarmoqlar, mahalliy energiya ishlab chiqarish va saqlash tizimlaridan foydalanib, tarmoqdagi uzilishlarga qarshi mustahkamlikni oshiradi va barqaror energiya ta'minotini ta'minlaydi.

3. **Sun'iy intellekt va ma'lumotlarni tahlil qilish**

Smart Grid tizimlarida sun'iy intellekt va ma'lumotlarni tahlil qilish texnologiyalarining rivojlanishi energiya tarmog‘ining samaradorligini yanada oshiradi. AI tizimlari yordamida tarmoqdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilish, energiya talab va taklifini aniq prognozlash va tarmoqni optimallashtirish mumkin bo'ladi.

Muqobil energiya manbalarining kelajagi

Muqobil energiya manbalarining kelajagi, ayniqsa, quyosh, shamol, bioenergiya va boshqa qayta tiklanadigan manbalar orqali elektr energiyasi ishlab chiqarishga qaratilgan innovatsiyalar bilan chambarchas bog'liq. Bugungi kunda ushbu manbalar energiya ishlab chiqarishda muhim o‘rin tutadi, lekin kelajakda ularning roli yanada ortishi kutilmoqda.

Quyosh energiyasi kelajakda eng keng tarqalgan va arzon energiya manbalaridan biriga aylanishi mumkin. Quyosh panellari samaradorligi doimiy

ravishda oshib bormoqda, va ularni ishlab chiqarish narxi tushib bormoqda. Kattaroq quyosh energiya fermalari, shuningdek, kichik uy-joy tizimlari ko'plab mamlakatlarda energiya ta'minotining asosiy qismiga aylanishi mumkin.

Shamol energiyasi kelajakda ko'proq rivojlanadi, chunki shamol turbinlari samaradorligi oshmoqda. Shamol energiyasining o‘rni nafaqat yirik shamol parklari, balki shaharlar va kichik hududlar uchun ham muhim bo‘lishi kutilmoqda. Shamol energiyasining rivojlanishi uchun zarur bo‘lgan infratuzilma va texnologiyalar ham

Bioenergiya va boshqa qayta tiklanadigan manbalar (masalan, geotermal energiya) kelajakda energiya ishlab chiqarishda o‘sishga erishishi mumkin. Bu manbalar atrof-muhitga nisbatan kamroq zarar etkazadi va energiya ishlab chiqarishda barqarorlikni ta'minlaydi. Bioenergiya ishlab chiqarishda biotexnologiyalar va biorafineriya texnologiyalarining rivojlanishi energiyaning yuqori samaradorlikda ishlab chiqarilishini ta'minlaydi [92].

1. **Energiyaning global taqsimotini optimallashtirish**

   Muqobil energiya manbalarini Smart Grid tizimlari orqali integratsiya qilish energiyaning global taqsimotini optimallashtirishga yordam beradi. Bu esa energetika tizimlarining samaradorligini oshiradi, muqobil energiya manbalarining o'zgaruvchanligini boshqarish va ularni tarmoqka qo'shish imkoniyatini yaratadi. Global miqyosda energiya almashinuvini yaxshilash va har bir mintaqada resurslardan samarali foydalanish uchun intellektual tarmoqlar muhim rol o'ynaydi.

2. **Gibrid energiya tizimlari**

   Muqobil energiya manbalarining kelajagi gibrid tizimlarni rivojlantirishda ko'zga tashlanadi. Bu tizimlar bir nechta qayta tiklanadigan energiya manbalarini birlashtirgan holda ishlaydi, masalan, shamol va quyosh energiyasini birgalikda ishlatish. Gibrid tizimlar energiya manbalarining ishonchliligi va samaradorligini oshiradi.

Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va muqobil energiya manbalari kelajakda global energiya tizimlarining asosiy tarkibiy qismlariga aylanadi. Smart Grid tizimlarining rivojlanishi va muqobil energiya manbalarining keng qo'llanilishi

energiya ishlab chiqarish va taqsimlashni yanada samarali, barqaror va ekologik toza qilishga yordam beradi. Kelajakda bu texnologiyalar atrof-muhitni himoya qilish, energiya ta'minotini barqarorlashtirish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishga katta hissa qo'shadi.

Nazorat savollari.

1. Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) nima? Ularning energiya ta'minotidagi roli qanday?
2. Muqobil energiya manbalarining (quyosh, shamol, bioenergiya) intellektual tarmoqlar bilan integratsiyasi qanday amalga oshiriladi?
3. Intellektual tarmoqlarda muqobil energiya manbalarini integratsiya qilishning asosiy afzalliklari nimalardan iborat?
4. Muqobil energiya tizimlarini intellektual tarmoqlarga qo‘shishning texnik va iqtisodiy qiyinchiliklari nimalardan iborat?
5. Intellektual tarmoqlarda energiya ishlab chiqarish va iste'molning muvofiqlashtirilgan boshqaruvi qanday ishlaydi?
6. Intellektual tarmoqlarni (Smart Grid) muqobil energiya tizimlariga qo‘llashning asosiy afzalliklari qanday?
7. Energiya samaradorligini oshirishda intellektual tarmoqlarning o'rni qanday?
8. Intellektual tarmoqlar yordamida energiya ishlab chiqarish va iste'molning barqarorligini qanday ta'minlash mumkin?
9. Intellektual tarmoqlar va muqobil energiya tizimlari birgalikda energiya tarmoqlarini qanday rivojlantirishi mumkin?
10. Intellektual tarmoqlar va muqobil energiya tizimlarining birgalikda ishlashida xavfsizlik va shaffoflikni ta'minlash qanday amalga oshiriladi?

3.4 Elektr uzatish tarmoqlarining tashkil etuvchilari va vazifalari

Reja:

1. Havodagi elektr uzatish liniyalarining konstruktiv elementlari
2. Havodagi elektr uzatish liniyalarining tayanchlari
3. Havodagi elektr uzatish liniyasida foydalaniluvchi tayanchlarning turlari
4. Havodagi elektr uzatish liniyalarining izolatorlari va armaturalari.

1. Havodagi elektr uzatish liniyalarining konstruktiv elementlari

Havodagi elektr uzatish liniyalari (HL) elektr energiyasini o‘tkazgichlar yordamida masofaga uzatish uchun xizmat qiladi. HLning asosiy konstruktiv elementlari bo‘lib o‘tkazgichlar, troslar, tayanchlar, izolatorlar va uzatish liniyasi armaturalari hisoblanadi. O‘tkazgichlar elektr energiyani uzatish uchun xizmat qiladi. Tayanchlarning yuqori qismida HLni atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan himoyalash uchun troslar o‘rnatiladi [1].

Tayanchlar o‘tkazgichlar va troslarni yer va suv sathidan ma’lum balandlikda tutib turadi. Izolatorlar o‘tkazgichlarni tayanchdan izolatsiyalaydi. Uzatish liniyasi armaturalari yordamida o‘tkazgichlar izolatorlarga, izolatorlar esa tayanchlarga mahkamlanadi. Ayrim hollarda o‘tkazgichlar izolatorlar va uzatish liniyasi armaturalari yordamida muhandislik inshootlarining kronshteynlariga mahkamlanadi. Bir va ikki zanjirli HL amalda ayniqsa, keng qo‘llaniladi. Uch fazali HLning har bitta zanjiri uchta faza o‘tkazgichlaridan tashkil topgan. HLda ikkita zanjir bitta tayanchda joylashgan bo‘lishi mumkin. HL konstruktiv qismlarining ishlashiga o‘tkazgichlar va troslarning o‘z og‘irliklaridan, ularda hosil bo‘luvchi muz qatlamlaridan, shamol bosimidan, shuningdek, havo haroratining o‘zgarishidan mexanik ta’sir ko‘rsatiladi. Bundan tashqari, shamol ta’sirida o‘tkazgichlar titrash (yuqori chastota va kichik amplitudada tebranish) yoki silkinishi (past chastota va katta amplitudada tebranish) yuz berishi mumkin. Yuqorida ko‘rsatilgan o‘tkazgichlardagi mexanik yuklar, silkinishlar va titrashlar ularning uzilishiga, tayanchlarning sinishiga, o‘tkazgichlarning chalkashib qolishiga, izolatsiya

oraliqlarini kamayishi natijasida bu oraliqlarning teshilishi yoki izolatsiya ustida yoy paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin.

Havo liniyasida (HL) izolatsiyalanmagan, ya’ni izolatsion qobiqsiz o‘tkazgichlar foydalaniladi. HLlarda aluminiy va po‘lataluminiy o‘tkazgichlardan foydalanish keng tarqalgan. Mis o‘tkazgichlar hozirgi davrda maxsus texnik-iqtisodiy hisoblashlar bilan asoslanmasdan HLda foydalanilmaydi. HLda po‘lat simlardan foydalanish, odatda, tavsiya etilmaydi.

Atmosfera o‘ta kuchlanishlaridan himoyalovchi troslar, avvalgi davrlarda, po‘latdan tayerlangan. So‘nggi yillarda troslar yuqori chastotali kanallarni tashkil etish uchun ham foydalaniladi. Bunday hollarda ular po‘lataluminiydan tayyorlanadi.

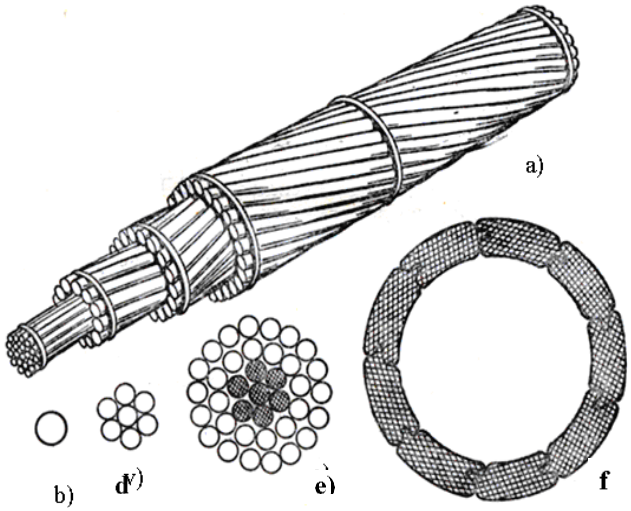
Izolatsiyalanmagan o‘tkazgichlarning tuzilishi va umumiy ko‘rinishi 35a-rasmda keltirilgan. Bir simli o‘tkazgich (35b-rasm) bitta ko‘ndalang kesim yuzasi doira shaklida bo‘lgan simdan tashkil topgan. Bunday o‘tkazgichlar ko‘p simli o‘tkazgichlarga nisbatan arzonroqdir, biroq ular kam egiluvchanlikka va bunga mos holda kam mexanik mustahkamlikka ega. Bir xil metalldan tayyorlangan ko‘p simli o‘tkazgichlar (35d-rasm) bir-biri bilan o‘zaro o‘ralgan simlardan tashkil topgan. Simlar sonining ortishi bilan kesim yuzasi ortadi. Ikki xil metalldan tayyorlangan ko‘p simli o‘tkazgichlarda, ya’ni po‘lataluminiy o‘tkazgichlarda (35e-rasm) ichki simlar (o‘tkazgichning o‘zagi) po‘latdan, tashqi simlar aluminiydan tayyorlanadi.

Po‘lat o‘zak mexanik mustahkamlikni oshirsa, aluminiy – o‘tkazgichning tok o‘tkazuvchi qismi hisoblanadi. G‘ovak o‘tkazgichlar (35f-rasm) bir-biri bilan mexanik mustahkamlikni ta’minlovchi pazlar orqali tutashtirilgan yassi simlardan tayyorlanadi. Bunday o‘tkazgichlarning tashqi diametri katta bo‘lganligidan tojlanuvchi razryadni hosil qiluvchi kuchlanishning qiymati ortadi va tojlanish tufayli isrof bo‘luvchi quvvat ancha kamayadi. HLlarda g‘ovak o‘tkazgichlar juda kam qo‘llaniladi. Ular asosan 330 kV va undan yuqori kuchlanishdagi nimstansiyalarning shinalarida qo‘llaniladi. 330 kV va undan yuqori nominal kuchlanishdagi HLning har bir fazasi bir nechta o‘tkazgichlarga parchalanadi.

O‘tkazgichlarning materiallari yuqori elektr o‘tkazuvchanlikka va imkoni boricha yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lishi lozim. O‘tkazuvchanlik

bo‘yicha birinchi o‘rinda mis, so‘ngra aluminiy turadi. Po‘lat esa ancha kam o‘tkazuvchanlikka ega. Mexanik mustahkamlik bo‘yicha birinchi o‘rinda po‘lat, so‘ngra mis turadi. Bu jihatlarni, ularning tabiatda tarqalganlik darajasini hamda bundan kelib chiqib nisbiy narxlarini e’tiborga olib, HLlarda aluminiy va po‘lataluminiy o‘tkazgichlardan foydalaniladi.

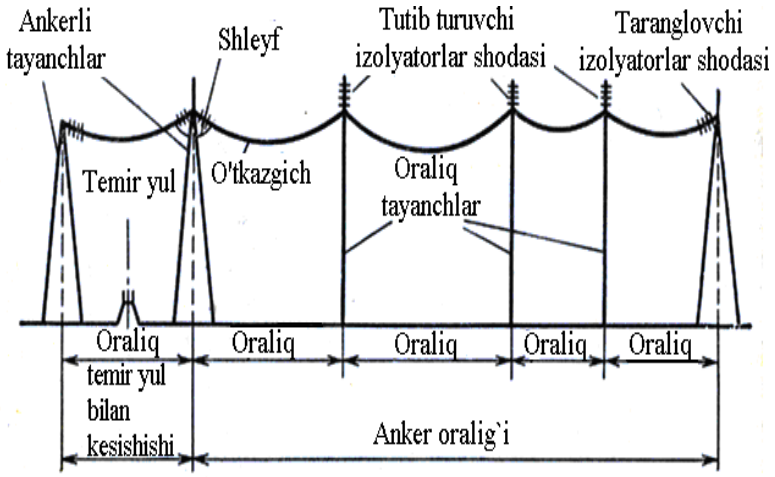
HLda po‘lat o‘zakning o‘tkazuvchanligi e’tiborga olinmaydi va o‘tkazgichning elektr qarshiligini aniqlashda faqat aluminiy qismining qarshiligi hisoblanadi.



35-rasm. HL o‘tkazgichlarining tuzilishi: a)-ko‘p simli o‘tkazgichning umumiy ko‘rinishi; b)-bir simli o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimi; d), e)-bir va ikki xil metalldan tashkil topgan ko‘p simli o‘tkazgichlarning ko‘ndalang kesimi; f)-g‘ovak o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimi.

2. Havodagi elektr uzatish liniyalarining tayanchlari

HLning tayanchlari anker va oraliq tayanchlariga bo‘linadi. Bu ikki asosiy guruh tayanchlari simlarni ularga osish usuli bo‘yicha farqlanadi. Oraliq tayanchlariga o‘tkazgichlar tutib turuvchi izolatorlar shodasi yordamida osiladi (36-rasm). Anker tipidagi tayanchlar o‘tkazgichlarni taranglab tortish uchun xizmat qiladi. Bunday tayanchlarda o‘tkazgichlar tortma izolatorlar shodasi yordamida osiladi. Oraliq tayanchlari oralig‘idagi masofa osilish oralig‘i, anker tayanchlari oralaridagi masofa esa anker oralig‘i deb yuritiladi.



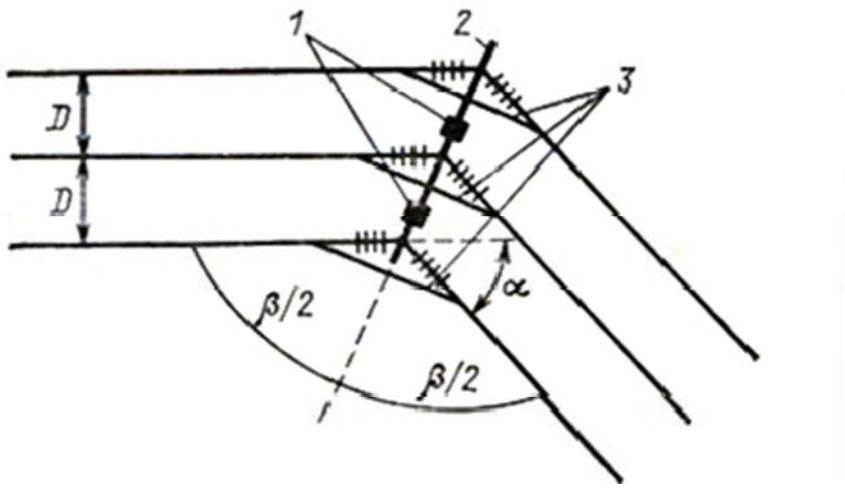
36-rasm. HL anker oralig‘i va temir yo‘l bilan kesishish oralig‘i.

Anker tayanchlari HLning muhim nuqtalarida o‘tkazgichlarni qat’iy mahkamlash uchun xizmat qiladi. Masalan: temir yo‘l, 330-500 kV kuchlanishdagi HL, eni 15 metrdan kam bo‘lmagan avtomobil yo‘llari kabi muhandislik inshootlarini kesib o‘tish joylarida, HLning tugallangan joylarida o‘rnatiladi. HLning to‘g‘ri chiziqli qismida anker tayanchi normal sharoitda uning ikki tomonidan o‘tkazgichning tortib turuvchi kuchi bir xil bo‘lgan hollarda oraliq tayanchi vazifasini bajaradi. Biroq anker tayanchlari oraliqda o‘tkazgichlar yoki troslar uzilgan taqdirda paydo bo‘luvchi mexanik kuchlarga mo‘ljallab o‘rnatiladi. Anker tayanchlari oraliq tayanchlariga nisbatan ancha murakkab va mos ravishda qimmatdir, shu sababli ular har bir HLda imkoni boricha kam bo‘lishi lozim.

Oraliq tayanchlari HLning to‘g‘ri chiziqli qismlarida o‘rnatiladi.

Ular odatda HLda tayanchlarning 80-90% ni tashkil etadi.

Burchak tayanchlari HLning burilish joylarida o‘rnatiladi. HLning burilish burchagi deb uning burilishida paydo bo‘luvchi ichki burchakni 1800 ga to‘ldiruvchi burchakka aytiladi (7.3-rasm). Burchak tayanchlari anker va oraliq tipida bo‘lishi mumkin. Burilish burchagi 200 gacha bo‘lgan hollarda burilish tayanchi sifatida oraliq tayanchidan foydalanish mumkin.



37-rasm. HLning burilish burchagi: 1-tayanch oyog‘i; 2-tirsak; 3-sirtmoq.

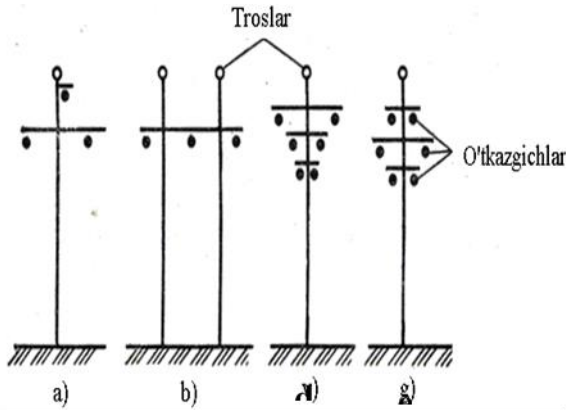
Shuningdek, HLda quyidagi tipdagi maxsus tayanchlardan ham foydalaniladi: tayanchlarda o‘tkazgichlarni joylashuv tartibini o‘zgartirish uchun xizmat qiluvchi – transpozitsiyalovchi tayanchlar; HLni tarmoqlash uchun xizmat qiluvchi – tarmoqlovchi tayanchlar; HLni daryolar, daralar kabi ustidan kesib o‘tish uchun xizmat qiluvchi – o‘tkazuvchi tayanchlar.

Transpozitsiya 110 kV dan yuqori kuchlanishdagi va 100 km dan uzun HLda har uchala fazaning sig‘im va induktivliklarini bir xil qilish maqsadida qo‘llaniladi. Bunda tayanchlarda o‘tkazgichlarning o‘zaro joylashuvi ketma-ket ravishda almashtiriladi (38-rasm).

38-rasm. Bir zanjirli elektr uzatish liniyasi o‘tkazgichlarini transpozitsiyalash sikli.

Tayanchlarda o‘tkazgichlarning keng foydalaniluvchi joylashuv usullari 7.5-rasmda tasvirlangan. Uchburchak ko‘rinishida joylashuv (39a-rasm) 330 kVgacha kuchlanishdagi bir zanjirli metall va temir-beton tayanchli HLda foydalaniladi. O‘tkazgichlarning gorizontal joylashuvi (39b-rasm) 35-220 kV kuchlanishdagi yogoch tayanchli va 330 kV kuchlanishdagi HLda foydalaniladi. Bu usulda joylashuv tayanchlarni nisbatan pastroq qurish imkonini beradi va muz qatlamlari paydo bo‘lganda hamda simlar silkinganda ularni chalkashish ehtimolini kamaytiradi.

Ikki zanjirli HLda o‘tkazgichlarning teskari archa ko‘rinishida joylashuvi montaj qilish sharoitlari bo‘yicha qulaydir (39d-rasm), lekin bunda ikkita tros osishga to‘g‘ri keladi va mos holda tayanchning og‘irligi ortadi. Ikki zanjirli HLda o‘tkazgichlarning bochka usulida joylashuvi iqtisodiy jihatdan eng samarali bo‘lganligi sababli amalda keng qo‘llaniladi (39g-rasm).



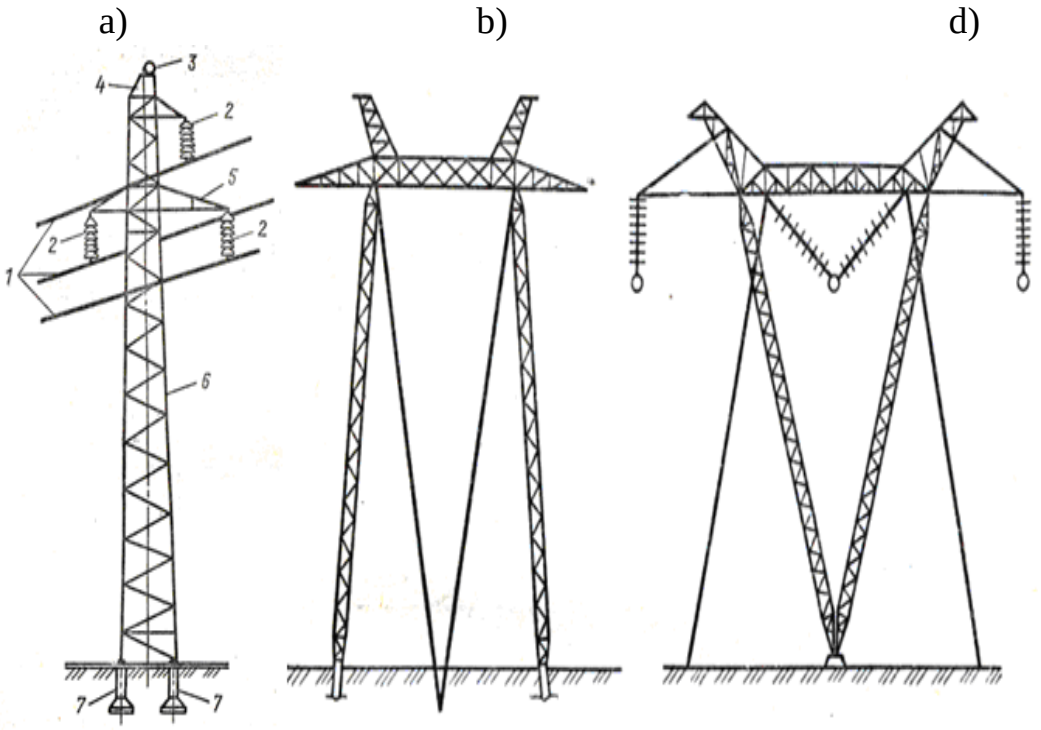
39-rasm. O‘tkazgichlar va troslarning tayanchlarda joylashuvi:
a-uchburchak uchlarida joylashuv; b-gorizontal joylashuv; d-teskari archa usulida joylashuv; e-bochka usulida joylashuv.

3. Havodagi elektr uzatish liniyasida foydalaniluvchi tayanchlarning turlari

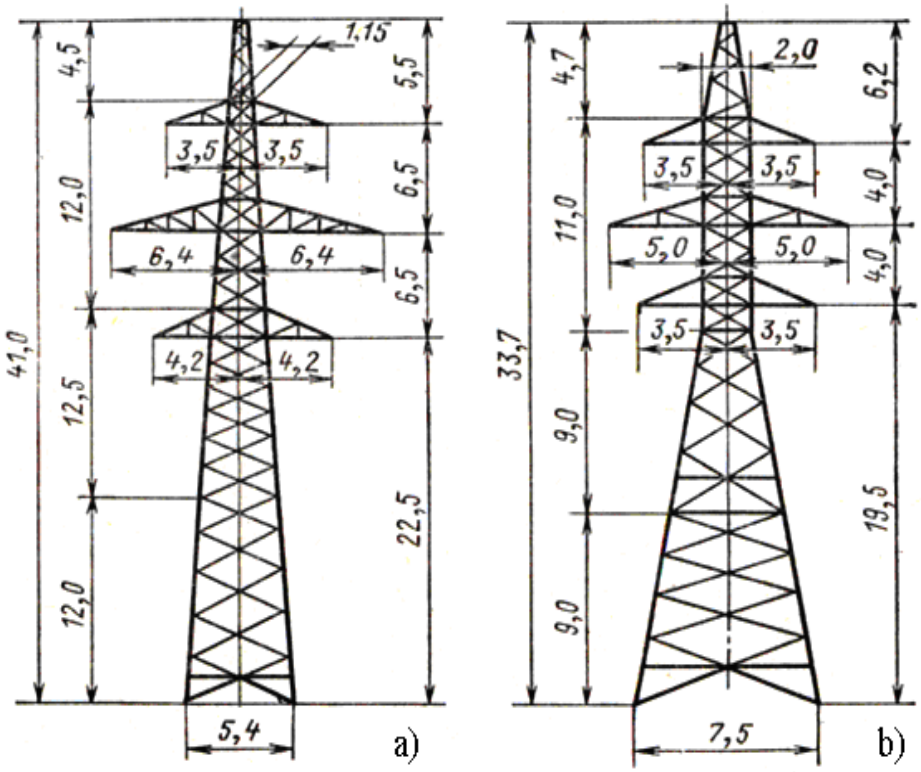
Mamlakitimizda yog‘och tayanchlar 110 kV gacha bo‘lgan kuchlanishdagi HLlarida foydalaniladi. Ularning afzalliklari – arzonlik va tayyorlashning soddaligi, kamchiligi – chirish xususiyatining mavjudligi (xususan yerga tegib turish joylarida). 35 kV va undan yuqori kuchlanishdagi HLlarda foydalaniluvchi metall tayanchlar ko‘pgina miqdorda metall talab etadi va ularni korroziyadan himoyalash uchun bo‘yab turish lozim. Metall tayanchlar temir-beton poydevorlarga o‘rnatiladi. Bunday tayanchlar konstruktiv tayyorlanishi bo‘yicha – minorali yoki bir ustunli (40a-rasm) va portal (40b-rasm), poydevorga mahkamlanish usuli bo‘yicha esa – erkin joylashgan (40a-rasm) va tortmali (40d-rasm) tayanchlarga bo‘linadi.

Anker tipidagi metall tayanchlar oraliq tayanchlardan mustah- kamligi va tirsaklarining uzunligi bilan farq qiladi. 41a-rasmda 220 kV kuchlanishli HLda foydalaniluvchi oraliq va 41b-rasmda 110 kV kuchlanishli HLda foydalaniluvchi anker tayanchlari tasvirlangan [1].

500 kV kuchlanishdagi HLda odatda o‘tkazgichlarning gorizontal joylashuvidan foydalaniladi. 500 kV kuchlanishli HLning oraliq tayanchlari erkin joylashuvchi yoki tortmali bo‘lishi mumkin (40a,b- rasmlar).

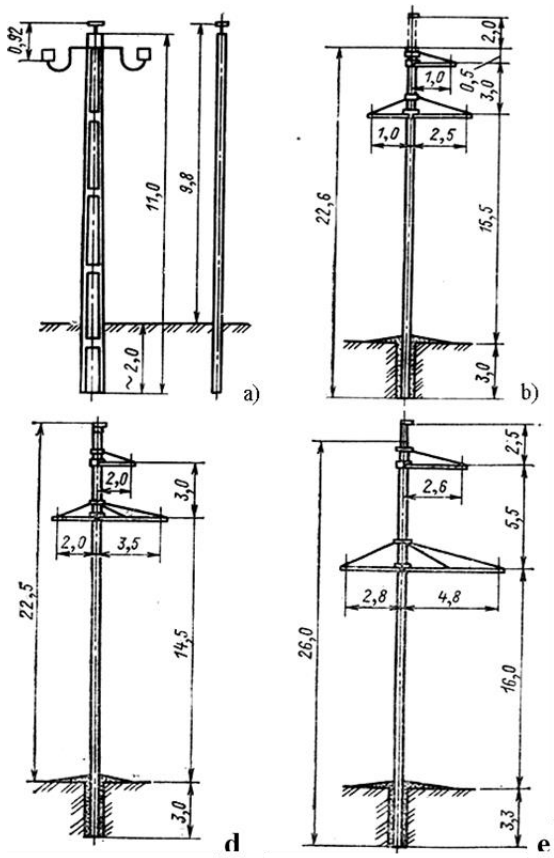


40-rasm. Metall tayanchlarning tashqi ko‘rinishi: a)-minorali yoki bir ustunli; b)-portal; d)-tortmali tayanchlar.



41-rasm. Anker tipidagi metall tayanchlar: a)-oraliq tayanch; b)-anker tayanch.

Temir-beton tayanchlar yog‘och tayanchlarga nisbatan mustahkam va chidamli, metall tayanchlarga nisbatan xizmat ko‘rsatish uchun soddadir. Shu sababli, ular 500 kV gacha kuchlanishdagi HLlarda keng qo‘llaniladi. 42-rasmda turli kuchlanishli HLlarda foydalaniluvchi oraliq temir-beton tayanchlar tasvirlangan.



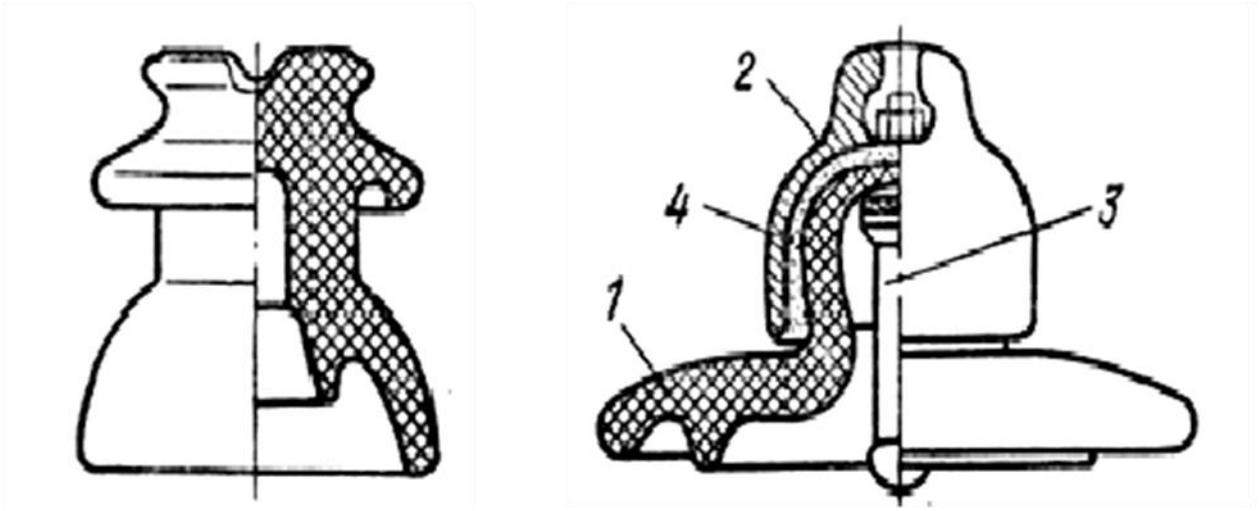
42-rasm. Erkin joylashuvchi temir-beton oraliq tayanchlar.

a)- 6-10 kV shtirli izolatorlar bilan; b)- 35 kV; v- 110 kV; g)- 220 kV.

4. Havodagi elektr uzatish liniyalarining izolatorlari va armaturalari

Izolatorlar HL hamda elektr stansiyalari va podstansiyalarining taqsimlovchi qurilmalarini izolatsiyalash va mahkamlash uchun xizmat qiladi. Ular sopol yoki toblangan shishadan yasaladi. Tuzilishi bo‘yicha izolatorlar shtirli va osma izolatorlarga bo‘linadi. Shtirli izolatorlar 10 kV gacha kuchlanishli HLda foydalaniladi (43a-rasm). Izolatorlarni shartli belgilanishidagi harflar va sonlar quyidagilarni bildiradi: Sh – shtirli; F –chinnidan yasalgan (farforoviy); S – shishadan yasalgan (steklyanniy); son – nominal kuchlanish,kV; so‘nggi harf (A, B, V) – izolatorning tuzilish sinfi.

Likopsimon osma izolatordan foydalanish 35 kV va undan yuqori kuchlanishli HLlarda keng tarqalgan. Osma izolatorlar (7.9,b-rasm) chinni yoki shishadan yasaluvchi izolatsiyalovchi qism (1), metall qism
– shapka (2) va sterjen (3) hamda izolatsiyalovchi qism bilan tutashtiruvchi sement bog‘lamasidan tashkil topgan. Bu tipdagi izolatorning shartli belgilanishidagi harf va sonlar quyidagilarni bildiradi: P – osma (podvesnoy); F (S) – chinni yoki shishadan tayyorlangan; G – ifloslangan tumanlar uchun; son – izolatorning o‘pirilishiga olib keluvchi chegaraviy mexanik yuk, kN; A, B, V – izolatorning tuzilish sinfi.



a) b)

43-rasm. Shtirli va osma izolatorlar.

a)- 6-10 kV uchun mo‘ljallangan shtirli izolator; b)- likopchasimon osma izolator.

Osma izolatorlar oraliq tayanchlarda tutib turuvchi va anker tayanchlarda tortib turuvchi shodalarga yig‘ilgan ko‘rinishda foydalaniladi. Shodadagi izolatorar soni HLning kuchlanishiga bog‘liq holda aniqlanadi. Masalan, metall va temir-beton tayanchli HLlarning tutib turuvchi shodalarida 35 kV uchun 3 ta; 110 kV uchun 6-8 ta; 220 kV uchun 10-14 ta va h.k. izolatorlar o‘rnatiladi. HLda o‘tkazgichlarni izolatorlarga va izolatorlarni tayanchlargi mahkamlash uchun xizmat qiluvchi armaturalar quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi: o‘tkazgichlarni osma izolatorlar shodasiga mahkamlash uchun xizmat qiluvchi qisqichlar; izolatorlar shodalarini tayanchlarga va ularni o‘zaro ketma-ket osish uchun xizmat qiluvchi ulovchi

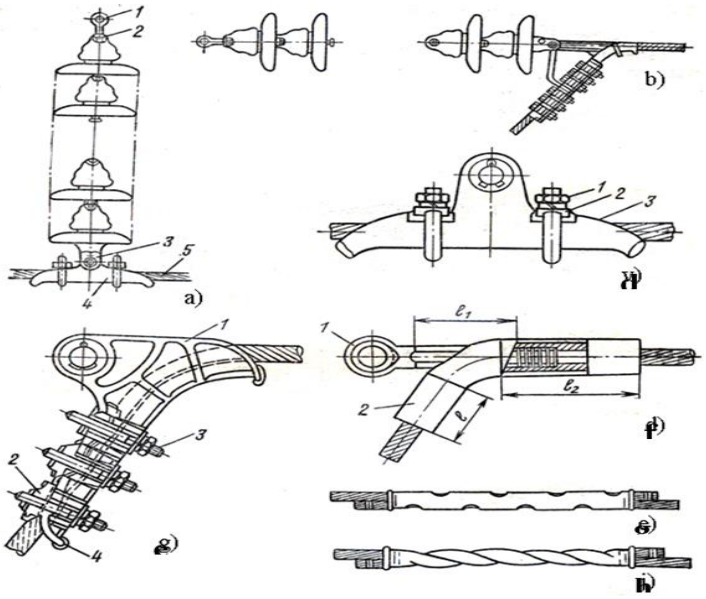
armaturalar; osilish oraliqlarida o‘tkazgichlar va troslarni ulash uchun xizmat qiluvchi tutashtirgichlar.

Ulovchi armatura skoba, sirg‘a va quloqchalardan tashkil topgan. Skoba shodalarni tirsaklarga yoki tirsaklarning mahkamlovchi detallariga tutashtirish uchun xizmat qiladi. Tutib turuvchi izolatorlar shodasi (44a-rasm) oraliq tayanch tirsagiga sirg‘a (1) yordamida mahkamlanadi. Sirg‘a bir tomondan skoba yoki tirsak detaliga, ikknchi tomondan yuqoridagi izolator shapkasi (2) ga tutashtiriladi. Pastki izolatorga quloqcha (3) orqali tutib turuvchi qisqich (4) mahkamlanadi. Qisqich (4) ning ichiga o‘tkazgich (5) joylashtiriladi.

Shodalarda o‘tkazgich va troslarni mahkamlash uchun xizmat qiluvchi qisqichlar ikkiga – oraliq tayanchlarida o‘rnatiladigan tutib turuvchi va anker tayanchlarida o‘rnatiladigan tortib turuvchi qisqichlarga bo‘linadi. O‘tkazgichni mahkamlash mustahkamligi bo‘yicha tutib turuvchi qisqichlar qat’iy va cheklangan mastahkamlikdagi qisqichlarga bo‘linadi. Qat’iy qisqichda (44d- rasm) siquvchi bolt (1) plashcha (2) yordamida o‘tkazgichni qisqich korpusi (3) ga («Qayiqchaga») siqadi va uni bir tomonlama tortish ta’sir etganda qo‘zg‘almas holda tutib turadi. Qat’iy qisqichlar hozirga davrda 35-500 kV kuchlanishli HLlarda foydalaniluvchi asosiy qisqichlardir.

Cheklangan mustahkamlikdagi qisqichlar 500 kV kuchlanishli HLlarda foydalaniladi. O‘tkazgich uzilganda u qisqich orqali ikkinchi tomonga sirpanib o‘tadi va natijada oraliq tayanchiga ta’sir etuvchi yonlama kuch kamayadi.

Anker tayanchlarida o‘tkazgichlar tortib turuvchi qisqichlar yordamida butunlay mahkamlab qo‘yiladi. Bunda bir osilish oralig‘idagi o‘tkazgich boshqa orliqdagi o‘tkazgichga sirtmoq yoki shleyf orqali ulanadi. Tortib turuvchi qisqichlarning bir nechta – 35-500 mm2 ko‘ndalang kesimli o‘tkazgichlarni tutashtirishda qo‘llaniluvchi – boltli, 300 mm2 va undan yuqori ko‘ndalang kesimdagi o‘tkazgichlarni tutashtirishda qo‘llaniluvchi – presslanuvchi, po‘lat troslarni mahkamlash uchun qo‘llaniluvchi – tirsakli turlari muvjud.

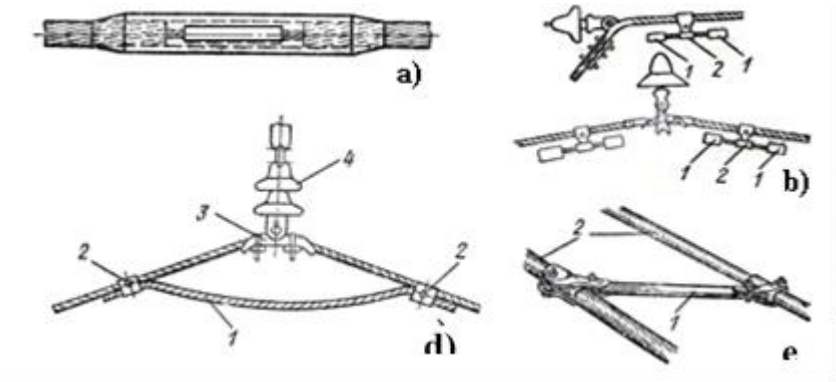


44-rasm. Tutib turuvchi va taranglab turuvchi izolatorlar shodalari va armaturalar: a)-qat'iy qisqichli tutib turuvchi izolatorlar shodasi; b)-boltli qisqichli taranglab turuvchi izolatorlar shodasi; d)-qat'iy tutib turuvchi qisqich; e)-boltli taranglab turuvchi qisqich; f)-presslanuvchi taranglab turuvchi qisqich; g),h)-siqiluvchi va buraluvchi oval ulagichlar.

Boltli qisqichlar (44e-rasm) korpus (1), plashcha (2), gayka bi- lan siquvchi boltlar 3 va aluminiydan yasaluvchi tiqin (4) lardan iborat.

Presslanuvchi qisqichlar (44f-rasm) po‘lat anker (1) va aluminiy korpus (2) dan tashkil topgan. Po‘lat ankerda o‘tkazgichning l_1 uzunlikdagi po‘lat o‘zagi va aluminiy korpusga o‘tkazgichning l_2 uzunlikdagi aluminiy qismi hamda shleyfning l uzunlikdagi qismi presslanadi. Sanoatda o‘tkazgichlar ma'lum uzunlikdagi bo‘laklar ko‘rinishida ishlab chiqariladi. HLlarda ularni ulash uchun tutashtirgichlar qo‘llaniladi. Ular oval va siqiluvchi tutashtirgichlarga bo‘linadi.

Oval tutashtirgichlar 185 mm^2 va undan kichik ko‘ndalang kesim yuzali o‘tkazgichlarni tutashtirishda qo‘llaniladi. Tutashtirgichda o‘tkazgichlar ustma-ust joylashtirilgandan so‘ng maxsus omburlar bilan siqilib mahkamlanadi (44g-rasm). Siqiluvchi tutashtirgichlar esa 240 mm^2 va undan katta ko‘ndalang kesim yuzali o‘tkazgichlar hamda po‘latli troslarni tutashtirishda qo‘llaniladi. Pulatalumin o‘tkazgichlarni tutashtirish uchun ushbu qisqichlar ikkita trubkadan iborat: birinchi trubka po‘latdan iborat bo‘lib, o‘tkazgichlar ichidagi po‘lat tomirlarni tutashtirish uchun xizmat qilsa, ikkinchisi aluminli trubka bo‘lib, u o‘tkazgichdagi tashqi alumin tomirlarni tutashtirish uchun xizmat qiladi (45a-rasm).



45-rasm. Havo liniyalarining tutashtirgichlari va tebranish so‘ndirgichlari: a)-siqiluvchi tutashtirgich; b)-tebranish so‘ndirgichi; d)-dempfirlovchi sirtmoq; e)-tirgak.

Havo liniyalarining qisqichlari yaqinida tebranish so‘ndirgichlari yoki dempfirlovchi (tinchlantiruvchi) sirtmoqlar o‘rnatiladi. Tebranish so‘ndirgichlari havo liniyalardagi tebranishlarni sundirishga hamda o‘tkazgichlardagi simlarni sinishini oldini oladi. So‘ndirgich po‘lat troslar (2) bilan tutashtirilgan ikkita cho‘yan yukchalardan (1) iborat (45b-rasm). So‘ndirgichning tebranish chastotasi o‘tkazgichnikiga nisbatan ancha kichik bo‘lganligi sababli o‘tkazgichda tebranish kamayadi. Kichik kesim yuzali alumin va po‘latalumin o‘tkazgichlarda tebranishni so‘ndirish dempfirlovchi (tinchlantiruvchi) sirtmoq orqali amalgam oshiriladi (45d-rasm). Sirtmoq (1) osma izolatorlar shodasidagi (4) qisqichga (3) mahkamlangan o‘tkazgichga boltli qisqichlar (2) orqali mahkamlanadi. 330-750 kVli o‘tkazgichlarda parchalangan fazalarni (2) bir-biriga nisbatan fiksatsiyalash uchun tirgaklardan (1) (45e-rasm) qo‘llaniladi. Ushbu tirgaklar parchalangan fazalar orasidagi kerakli oraliqni hosil qilishga hamda bir-biriga urulishidan va o‘ralib qolishidan saqlaydi [1].

Nazorat savollari

1. Havodagi elektr uzatish liniyalarining asosiy konstruktiv elementlari nimalardan iborat?
2. Elektr uzatish liniyalari qanday materiallardan tayyorlanadi va nima uchun?
3. Havo liniyalarida simlarni mustahkamlash uchun qanday vositalar qo‘llaniladi?
4. Havo elektr uzatish liniyalari tayanchlarining asosiy vazifasi nima?
5. Tayanchlar orasidagi masofa qanday omillarga bog‘liq?
6. Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida qaysi turdagi tayanchlar qo‘llaniladi?

7. Yog‘och, temir-beton va metall tayanchlarning har birining afzalliklari va kamchiliklari qanday?
8. Mustahkamligi bo‘yicha eng bardoshli elektr tayanchi qaysi materialdan tayyorlanadi?
9. Havodagi elektr uzatish liniyalarida izolatorlarning asosiy vazifasi nima?
10. Elektr uzatish liniyalari armaturalarining asosiy turlari qaysilar va ularning funksiyasi qanday?

3.5 Elektr uzatish tarmoqlarida kuchlanish va energiya isroflari

Reja:

1. Elektr uzatish tarmoqlarida kuchlanish tushunchasi va uning turlari
2. Elektr uzatish jarayonida energiya yo‘qotishlari va ularning asosiy sabablari
3. Kuchlanishning pasayishi va energiya isroflarini kamaytirish usullari

1. Elektr uzatish tarmoqlarida kuchlanish tushunchasi va uning turlari

Elektr kuchlanishi – bu elektr maydonining zaryadga ta’siri natijasida yuzaga keladigan potensial farq bo‘lib, u Volt (V) birligi bilan o‘lchanadi. Matematika jihatidan kuchlanish quyidagicha ifodalanadi:

$$U = \int_A^B E \cdot dl$$

Bu yerda:

U — A va B nuqtalar orasidagi kuchlanish (V),

E — elektr maydon kuchlanganligi (V/m),

dl — yo‘l elementining uzunligi (m).

Elektr uzatish tarmoqlarida kuchlanishning asosiy vazifasi energiyani bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga katta yo‘qotishlarsiz uzatishdir. Kuchlanishning turli darajalari energiya uzatish samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Elektr uzatish tarmoqlarida o‘zgarmas tok (DC) va o‘zgaruvchan tok (AC) kuchlanishlari qo‘llaniladi. Bu kuchlanishlarni darajasi bo‘yicha quyidagi turlarga ajratish mumkin:

Past kuchlanishli tizimlar asosan iste’molchilarga elektr energiyasini yetkazib berish uchun qo‘llaniladi. Bu tizimlar elektr energiyasini o‘zgaruvchan yoki o‘zgarmas tokda taqsimlashda qo‘llaniladi.

Kuchlanish darajasi: 0,4 kV gacha.

Formula:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

Bu yerda:

P — aktiv quvvat (W),

U — faza yoki chiziqli kuchlanish (V),

I — tok (A),

cos ϕ — quvvat koeffitsienti.

O‘rta kuchlanishli tarmoqlar elektr energiyasini shaharlarga va sanoat korxonalariga taqsimlash uchun ishlatiladi. Bu tizimlar uzoq masofalarga energiya uzatishda samarali bo‘lishi uchun mo‘ljallangan.

Kuchlanish darajasi: 10-35 kV.

Formula:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U}$$

Bu yerda:

ΔU — kuchlanish pasayishi (V),

P — aktiv quvvat (W),

Q — reaktiv quvvat (VAr),

R — chiziqning aktiv qarshiligi (om),

X — chiziqning induktiv reaktivligi (om).

Yuqori kuchlanishli tizimlar uzoq masofalarga elektr energiyasini uzatish uchun ishlatiladi. Kuchlanish darajasi oshishi bilan energiya yo‘qotishlari kamayadi va samaradorlik ortadi.

Kuchlanish darajasi: 110-750 kV.

Formula:

$$S = U \cdot I^*$$

Bu yerda:

S — kompleks quvvat (VA),

I^* — tokning kompleks konjugati (A).

Ultra yuqori kuchlanishli tizimlar asosan mamlakatlararo magistral elektr uzatish liniyalarida qo‘llaniladi. Bu tizimlar energiya yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytirishga yordam beradi, lekin izolyatsiya va himoya talablariga e’tibor berish kerak.

Kuchlanish darajasi: 750 kV va undan yuqori.

Model:

$$Z = R + jX, Y = G + jB$$

Bu yerda:

Z — chiziqning to‘liq qarshiligi (om),

Y — chiziqning to‘liq o‘tkazuvchanligi (S),

R — aktiv qarshilik (om),

X — induktiv reaktivlik (om),

G — elektr o‘tkazuvchanlik (S),

B — sig‘im reaktivligi (S).

Elektr uzatish tarmoqlarida kuchlanishning turli darajalari mavjud bo‘lib, ular energiya samaradorligini oshirish va energiya yo‘qotishlarini minimallashtirishga yordam beradi. Yuqori kuchlanishli tizimlar uzoq masofalarga energiya uzatishda samarali bo‘ladi, lekin ularning xavfsizlik va izolyatsiya talablari yuqori bo‘ladi.

Elektr uzatish liniyalarida kuchlanish yo‘qolishini qiymati undan oquvchi aktiv va reaktiv quvvatga, simning qarshiligiga va kuchlanishiga bog‘liq bo‘lib, quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta U_l = \frac{P_x \cdot \ell \cdot r_0 + Q_x \ell \cdot X_0}{U_1 - \sum_{1}^{nк} \Delta U_{л.кисми}};\ V$$

Bu yerda: R_h – hisobiy aktiv quvvat (kVt);

Q_h – hisobiy reaktiv quvvat (kVar);

Agar umumiy hisobiy quvvat – S_h ma’lum bo‘lsa u holda:

$$R_h = S_h * sos\varphi, (kVt)$$

$$Q_h=S_h* \sin\varphi, \text{ (kVar)}$$

L–liniyaning uzunligi, km; r_o,x_o–1 km uzunlikdagi liniyaning aktiv va reaktiv qarshiligi bo‘lib, ular simning markasiga ko‘ra ma’lumotnoma kitobdan tanlab olinadi. 1–jadvalda turli markalardagi simlarning qarshiliklari ko‘rsatilgan.

1–jadval

Qarshilik	**Sim markasi**					
	AS–16	A–25	A–35	A–50	A–70	A–95
r_o	2.06	1.28	0.92	0.64	0.46	0.34
x_o	0.405	0.391	0.380	0.369	0.355	0.346

$D_{o‘rt}$=1,25 m uchun berilgan.

Agar yuklamalar liniya bo‘yicha har xil masofada ulangan bo‘lsa, ikkita yuklama ulangan nuqtalar orasidagi masofa liniya qismi deyiladi. Liniya qismlaridan o‘tuvchi quvvatlar bir xilda har bir liniya qismi uchun alohida hisoblanadi. Butun liniya uchun kuchlanish yo‘qolishini aniqlashda ketma–ket ulangan liniya qismlardagi kuchlanish yo‘qolishlarini qo‘shish kerak;

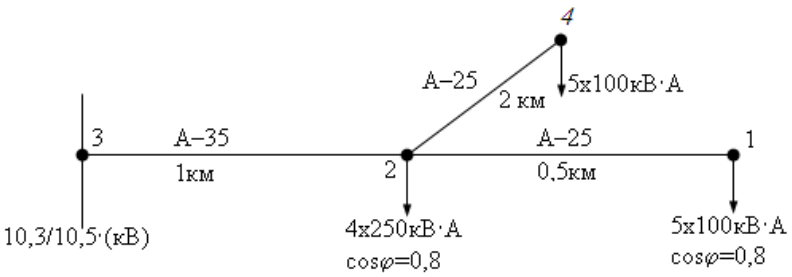
U_1–liniyaning boshlang‘ich nuqtasidagi kuchlanishdir, kV;

$\sum_{1}^{nk} \Delta U_{л.\ кисм}$ –kuchlanish yo‘qolishi aniqlanayotgan “K” liniya qismigacha bo‘lgan liniya qismlaridagi kuchlanish yo‘qolishlarining yig‘indisidir, kV;

Hisob natijasida butun liniyadagi kuchlanishning yo‘qolishi haqiqiy qiymatini shu liniya uchun ruxsat etilgan qiymatdan kichik yoki teng bo‘lishi kerak: $\Delta U_l \leq \Delta U_{rux.et.}$

Aksincha, simning kesim yuzasini kattaroq olib ΔU_l ning qiymatidan hisoblash kerak.

Misol: 10 kV li liniyada maksimal va minimal yuklanish rejimlari uchun kuchlanish yo‘qolishi (ΔU) sxemada ko‘rsatilgan parametrlarga ko‘ra aniqlansin ($\Delta U_{rux.et.}$= 2.5%):



46–rasm. 10 kV li liniyani hisob sxemasi

Yechish: Maksimal rejim uchun liniya qismlaridan kuchlanish yo‘qolishi yuqoridagi formuladan aniqlanadi.

$$\Delta U_{2-3}^{100} = \frac{P_{ъ} \cdot l \cdot r_0 + Q_{ъ} \cdot l \cdot x_0}{U_{ном}} = \frac{1600 \cdot 1 \cdot 0.92 + 1200 \cdot 1 \cdot 0.38}{10.3} = 187B$$

R_h = 2000*0.8 = 1600 kVt ;

Q_h = 2000*0.6=1200 kVar

$$\Delta U_{1-2}^{100} = \frac{400 \cdot 0.5 \cdot 1.28 + 300 \cdot 0.5 \cdot 0.391}{10.3 - 0.14} = 35B$$

R_h=500*0.8 =400 kVt;

Q_h=500*0.6=300 kVar

$\Delta U_l^{100} = 187 + 35 = 222B$;

2,22%<2.5% dan

Minimal rejim uchun liniya qismlaridagi kuchlanish yo‘qolishi yuqoridagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta U_{1-2}^{25} = \frac{\frac{400}{4} \cdot 1 \cdot 1.28 + \frac{300}{4} \cdot 0.5 \cdot 0.391}{10.3 - 0.36} = 9B$$

$$\Delta U_{2-3}^{25} = \frac{\frac{1600}{4} \cdot 1 \cdot 0.92 + \frac{1200}{4} \cdot 1 \cdot 0.38}{10.3} = 46B$$

$\Delta U_k^{25} = 46 + 9 = 54B$;

$$\Delta U_{л}\% = \frac{54}{10000} \cdot 100 = 0{,}54\%;$$

$$\Delta U_{2-4}^{100} = \frac{400 \cdot 2 \cdot 1{,}28 + 300 \cdot 2 \cdot 0.391}{10{,}3 - 0{,}14} = 128\ B;$$

$$\Delta U_{л}^{100} = 40 + 128 = 268\ B;$$

$$3{,}15\% > 2{,}5\%$$

$$A - 35(r_o = 0{,}92;\ X_o = 0{,}38)$$

$$\Delta U_{2-4}^{100} = \frac{770 + 240}{10{,}3 - 0{,}14} = 96\ B;$$

$$\Delta U_{2-4}^{25} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 1{,}28 + 75 \cdot 2 \cdot 0.391}{10{,}3 - 0{,}036} = 30\ B;$$

$$\Delta U_{л}^{25} = 46 + 30 = 76\ B;$$

$$\frac{76}{10000} \cdot 100\% = 0{,}76\%.$$

2. Elektr uzatish jarayonida energiya yo‘qotishlari va ularning asosiy sabablari

Elektr energiyani stansiyalardan iste’molchilarga uzatish jarayonida o‘tkazgichlarni qizishi, elektromagnit maydonning hosil bo‘lishi va boshqa effektlarga quvvat va energiyaning bir qismi isrof bo‘ladi. Bunday isroflar havo va kabel liniyalarida, kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi podstansiyalarning transformator va avtotransfor- matorlarida yuz beradi.

Uch fazali elektr tarmoqning *R* qarshilikka ega bo‘lgan uchastkasida aktiv quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = 3I^2 R$$

Bu yerda, *I* – yuklama toki.

Bu tokning qiymati quyidagi to‘la quvvatning uzatilishi balan belgilanadi:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Bu yerda, *P* – iste’molchilarda mexanik, issiqlik yoki yorug‘lik energiyasiga aylantriluvchi aktiv quvvat; *Q* – elektr motorlari, transformatorlar va liniyalarda elektromagnit maydonlarni hosil qilishga sarflanuvchi reaktiv quvvat.

Quvvat isrofining formulasidagi tokning o‘rniga uning quvvat va kuchlanish orqali ifodasi

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U}$$

ni qo’ysak quyidagi ifoda hozil bo’ladi:

$$\Delta P = 3\left(\frac{S}{\sqrt{3}U}\right)^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

Bu yerda, U – liniya kuchlanishi.

Yuqoridagi formulaga muvofiq liniyadagi reaktiv quvvat isrofining formulasini yozish mumkin.

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X$$

Elektr tarmoqning har qanday elementida, jumladan liniyada aktiv elektr energiya isrofi yuklamaning xarakteri va ko‘rilayotgan vaqt jarayonida uning o‘zgarishiga bog‘liq. O‘zgarmas yuklama bilan ishlab, ΔP aktiv quvvat isrofiga ega bo‘lgan liniyada *t* vaqt davomida isrof bo‘luvchi energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W = \Delta Pt$$

Agar yuklama yil davomida o‘zgarib tursa, u holda liniyadagi elektr energiya isrofini bir nechta usullar yordamida hisoblash mumkin. Mavjud barcha usullarni foydalaniluvchi matematik modelga bog‘liq ravishda ikkita katta guruhga bo‘lish mumkin. Bular – aniq va ehtimoliy-statistik usullardir.

Elektr energiya isrofini hisoblashning eng aniq usuli –bu shoxobchalarning yuklama grafiklari bo‘yicha aniqlashdir. Bunda hisoblash yuklama grafigining har bir darajasi uchun quvvat isroflarini aniqlash va ularning yig‘indisini topishni ko‘zda tutadi. Bu usul ba’zan grafik interpolatsiyalash usuli deb yuritiladi.

Yuklama grafiklari sutkalik va yillik yuklama grafiklariga bo‘linadi. Sutkalik grafiklar yuklama quvvatlarini sutka davomida yillik grafiklar esa yil davomida o‘zgarishini ifodalaydi. Yillik grafik bahorgi- yozgi va kuzgi-qishki davrlar uchun xarakterli sutkalik grafiklar asosida quriladi. Yillik energiya isrofini hisoblashda davomiylik bo‘yicha yuklama grafiklaridan foydalaniladi. Bunday grafikni hosil qilish quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Grafikning boshlang‘ich ordinatasi maksimal yuklamaga teng qilib qabul qilinadi. Sutkalik grafiklar bo‘yicha turli tipdagi sutkalar sonini hisobga olib (shanba, yakshanba, dushanba, ish kuni) yuklama quvvatining har bir qiymati uchun yil davomidagi soatlar soni aniqlanadi. Avvalo, maksimal yuklama o‘rinli bo‘lgan vaqt, so‘ngra yuklama quvvatining boshqa qiymatlari uchun (kamayib borish tartibida) vaqt oraliqlari aniqlanadi.

Yillik *yuklama grafigi* bo‘yicha yillik energiya isrofini aniqlash mumkin.

Buning uchun har bir holat uchun quvvat va energiya isroflari aniqlanadi. So‘ngra, bu isroflar qo‘shish orqali yillik elektr energiya isrofi aniqlanadi.

Misol tariqasida uch pag‘onali yuklama grafigini (47b-rasm) olamiz. Yuklama P_1 bo‘lgan holat uchun 47a- rasmdagi liniyada quvvat isrofi quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta \mathrm{P}_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} R$$

Elektr energiya isrofini ushbu holat uchun quvvat isrofini shu holatning davomiylik vaqtiga ko‘paytirish orqali topamiz:

$$\Delta \mathrm{W}_1 = \Delta \mathrm{P}_1 \Delta \mathrm{t}_1$$

Qolgan holatlar uchun ham elektr energiya isrofi shu tartibda topiladi. Yuklama P_2 bo‘lgan holat uchun

$$\Delta \mathrm{P}_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} R$$

$$\Delta \mathrm{W}_2 = \Delta \mathrm{P}_2 \Delta \mathrm{t}_2$$

Yuklama P_3 bo‘lgan holat uchun

$$\Delta \mathrm{P}_3 = \frac{S_3^2}{U_3^2} R$$

$$\Delta \mathrm{W}_3 = \Delta \mathrm{P}_3 \Delta \mathrm{t}_3$$

Yuqoridagilardan kelib chiqib, *N* ta pag‘onaga ega bo‘lgan ko‘p pag‘onali yuklama grafigining *i* -pag‘onasi uchun quvvat va yil davomidagi energiya isroflari quyidagi formulalar bo‘yicha aniqlanadi:

$$\Delta \mathrm{P}_i = \frac{S_i^2}{U_i^2} R \quad \mathrm{i}=1,\ldots \mathrm{N}$$

$$\Delta \mathrm{W}_i = \sum_i^N \Delta \mathrm{P}_i \ \Delta \mathrm{t}_i$$

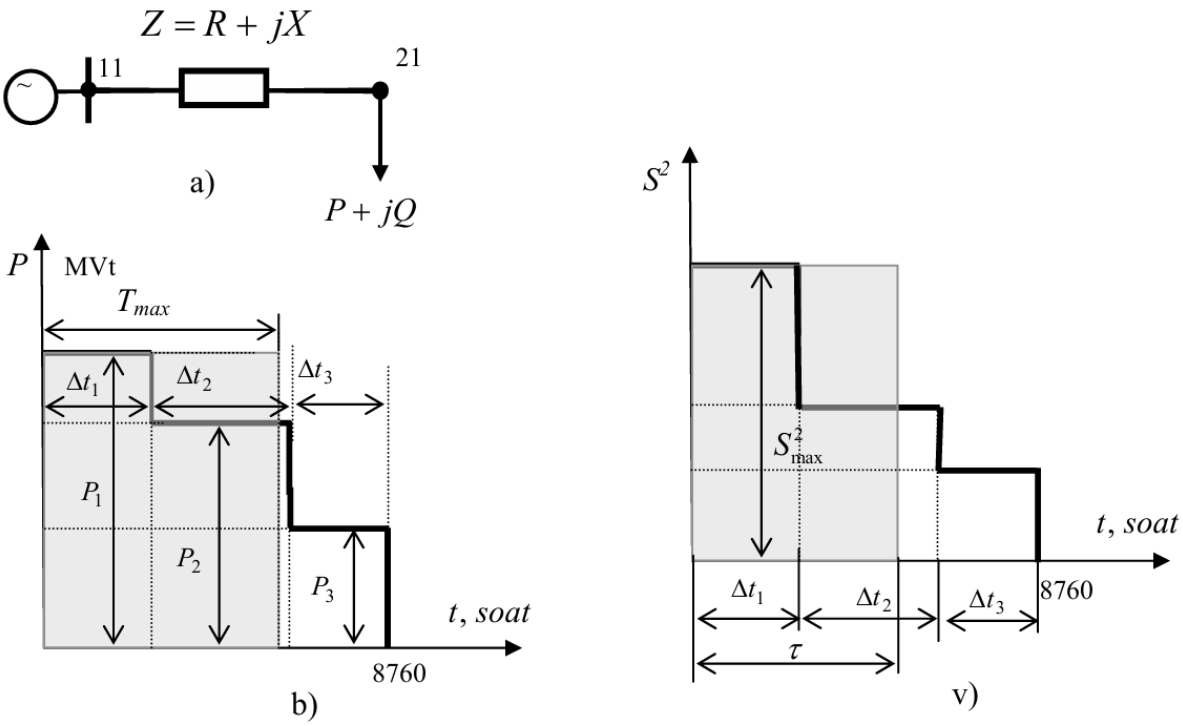
Bu yerda, $\Delta \mathrm{t}_i$ yuklama grafigining *i* -pag‘onasi davomiyligi.

Isroflarni yuklama grafigi bo‘yicha aniqlash usulining afzalligi – katta aniqlidir. Ammo barcha uchastkalarning yuklamalari haqida ma’lumotning yetarli emasligi ushbu usulning qo‘llanilishini cheklaydi.

3. Kuchlanishning pasayishi va energiya isroflarini kamaytirish usullari

Hozirgi sharoitda elektr tarmoqlarda energiya isrofini kamaytirish yoqilg‘ini tejashning muhim manbalaridan biri hisoblanadi. Elektr energiya isrofini tahlil qilganda umumiy isrofni quyidagi turlarga bo‘lish lozim:

-energetika sistemasida e*lektr energiya isrofining hisobiy miqdori* – barcha elektr stantsiyalardan tarmoqqa berilgan va barcha iste’molchilar tomonidan qayd etilib, puli to‘langan elektr energiya miqdorlari orasidagi farq;



47-rasm. Elektr energiya isrofini yuklama grafigi va maksimal isroflar vaqti bo‘yicha topish: a)– liniyaning almashtirish sxemasi; b)– uch pag‘onali yuklama grafigi; d) – uch pag‘onali S^2 grafigi.

- *isrofning hisobiy va texnik miqdori* – ma’lum holat parametrlari va tarmoq elementlarining hisob parametrlari bo‘yicha aniqlanib, u o‘tkazgichlarni qizishi va elektromagnit maydonning hosil bo‘lishiga sarf bo‘luvchi isrofdir;

- *tijorat isroflari* – u hisobiy va texnik isroflar orasidagi farq sifatida aniqlanib, u qayd etish tizimining takomillashmaganligi, hisoblagichlar ko‘rsatkichini olishning bir vaqtda emasligi va noaniqligi, foydalaniluvchi qayd etish asboblarining xatoliklari, qayd etilmagan iste’molchilarning mavjudligi;

- o‘g‘irlashlar va h.k. lar bilan belgilanadi.

Hozirgi davrda mavjud elektr energiya isrofini kamaytirish tadbirlarini uch gruppaga bo‘linadi: tashkiliy, texnik va elektr energiyani hisobiy va texnik qayd etish tizimini takomillashtirish tadbirlari.

Tashkiliy tadbirlarni qo‘llash amalda hech qanday qo‘shimcha mablag‘ni talab etmaydi. *Texnik tadbirlar* qo‘shimcha kapital mablag‘larni talab etadi.

Elektr energiyani texnik va hisobiy qayd etish tizimining takomillashuvi isroflarni kamaytirish tadbirlarni tanlash bo‘yicha hisoblashlarni yanada aniq mahlumotlar bilan ta’minlash imkonini beradi.

35 kV li kuchlanish tarmoqlarida 35 % elektr energiya isrof bo‘ladi, qolgan 65 % esa 0.22–10 kV li elektr tarmoqlariga to‘g‘ri keladi. 0.22–10 kV li tarmoqlarda elektr energiya ko‘p isrof bo‘lishiga qaramasdan bu tarmoqlarni qurish uchun rangli metall 35 kV li va undan yuqori kuchlanishli tarmoqlarga nisbatan 4 barobar ko‘p sarflanadi. Bundan ko‘rinadiki, elektr energiya isrofini kamaytirish uchun 1000 V gacha bo‘lgan liniyalar uzunlini kamaytirish kerak. Buning uchun iste’molchilarga yaqinroq podstantsiyalar sonini ko‘proq qurish talab qilinadi. Elektr qurilmalarida quvvat koyeffitsiyentini oshirish yo‘li bilan ham tarmoqlardagi isroflarni sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Chunki,

$$\Delta P = 3J^2 R_л = \frac{P^2 R_л}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \text{ , kVt}$$

bundan quvvat koyeffitsiyenti

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

va t vaqt bo‘yicha esa

$$\cos\varphi_{св} = \frac{w_a}{\sqrt{w_a^2 + w_p^2}}$$

Bundan w_a va $w_'$ – t vaqt (30 minut vaqtda) dagi iste’mol qilinuvchi aktiv va reaktiv energiya.

$cos\varphi$ ni tabiiy oshirish choralari: Asinxron dvigatellarni quvvatini to‘g‘ri tanlash;

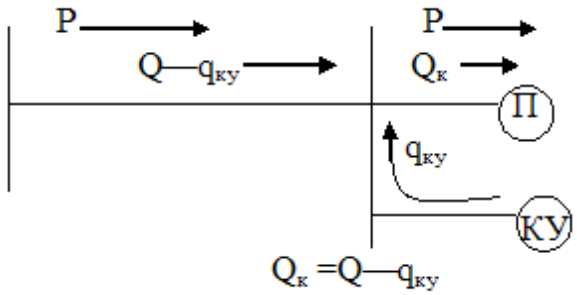
asinxron dvigatellarni salt yurish vaqtida quvvat koyeffitsiyenti $cos\varphi$ =0.2–0.3, nominal yuklangan vaqtida esa $cos\varphi$ =0.83–0.86 bo‘lishini tahminlash.

To‘la yuklanmagan asinxron dvigatellarda $cos\varphi$ birdaniga pasayadi. Bu holat kuch transformatorlarida, qizitish qurilmalarida ham kuzatiladi. Shuning uchun 40 % past yuklangan asinxron dvigatellarni kichikroq quvvat lisiga almashtirish maqsadga muvofiqdir:

–agar texnologik jarayoni imkoniyat bersa, asinxron dvigatellar o‘rniga sinxron dvigatellar qo‘llash maqsadga muvofiqdir.

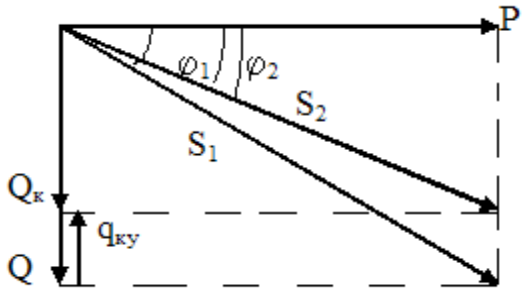
–elektr qurilmalarini sifatli ta’mirlash va hakozalar.

$cos\varphi$ ni sun’iy ravishda oshirishga birinchidan kondensator batareyalari va sinxron kompensatorlar o‘rnatish bilan amalga oshiriladi. Buni kompensatsiya qurilmalari (KQ) deyiladi.



48–rasm. Kompensatsiya qurilmalarini tarmoqqa ulash sxemasi.

Bunda $Q_k=Q–q_{ku}$



49–rasm. Quvvat koyeffitsiyentini cosφ oshirish vektor diagrammasi.

P – iste’molchiga aktiv (R) va reaktiv (Q) quvvat uzatishda o‘rnatilgan kompensatsiyalovchi qurilma (KU). q_{qu} – reaktiv quvvatni tarmoqqa berish mumkin

bo‘lgan miqdor. Buning natijasida liniya faqat iste’molchiga uzatilayotgan reaktiv quvvat – Q boshlang‘ich qiymatidan Q_k ga ozayadi, φ_1 burchak esa φ_2 gacha kamayadi, cosφ oshadi, to‘la quvvat S_1 esa S_2 gacha pasayadi. Liniyadagi aktiv quvvat isrofi ham ozayadi chunki:

$$\Delta P = \frac{\sqrt{P^2 + (Q - q_{k\cdot y})^2}}{U^2} R_л, \text{ kVt}$$

Elektr tahminot sxemasida kompensatsiya qurilmalarni joylashuv o‘rni qo‘yidagicha bo‘lishi mumkin:

– markazlashtirilgan holda – bunda kompensatsiyalash qurilmalari bosh pasaytiruvchi podstantsiyalar (BPP) ga o‘rnatiladi;
– istehmolchilarga yaqin joylarda o‘rnatish – korxona tsexlarini podstantsiyalariga o‘rnatish. Bir nechtasini birdaniga guruhli o‘rnatish (gruppavoy). Bunda KQ lari tarqatish shkaflari (RO‘) ga ulanadi. Alohida o‘rnatishda esa KQ lar yirik quvvatli elektr istehmolchilarning o‘ziga ulanadi.

Elektr energiyani uzatish jarayonida isrofni kamayishiga olib keluvchi bir nechta faktorlar mavjud bo‘lib, ular reaktiv quvvatni kamaytirish orqali

Nazorat savollari:

1. Elektr energiyani uzatishda isrof bo‘lish sabablari?
2. Isrof bo‘luvchi energiyani tashkil etuvchilari qanday?
3. Elektr energiyani uzatishdagi isrofni kamaytirish choralari?

3.6 Elektr tarmoqlarida qo‘llaniladigan transformator turlari va vazifalari

Reja:

1. Tarnsformator turlari va ularning elektr tizimidagi ahamiyati.
2. Kuch transformatorlaridan samarali foydalanish.
3. Energetika tizimida transformatorlarni tanlash.

1. Tarnsformator turlari va ularning elektr tizimidagi ahamiyati.

Energetika tizimida qo’llaniladigan transformatorlarni katta 3 ta guruhga ajratish mumkun.

1-kuch transformatorlar

2-avtotransformatorlar

3-maxsus transformatorlar

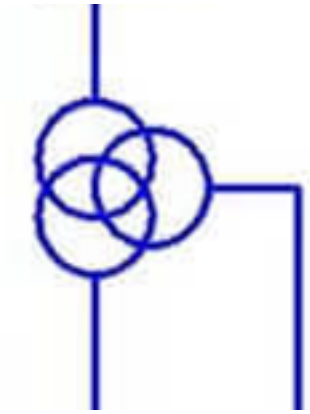
Ba’zi adabiyotlarda kuch o‘lchov transformatorlari alohida qo’shib 4 ta guruhga ajratib berilgan ma’lumotlar mavjud.

Kuch tarnsformatorlar energetika tizimida asosiy vazifalardan biri iste’molchilar liniyasidagi kuchlanishni bir turdan ikkinchi turga o‘zgartirib beruvchi qurilma hisoblanadi. Energetika tizimida transformatorlardan foydalanishning asosiy sabablaridan biri bu-energiya isroflarini kamaytirish va iste’molchi uchun kerakli kuchlanishni hosil qilib berish maqsadida foydalaniladi.

Energetika tizimidagi katta quvvatli elektr stansiyalarda ishlab chiqarilgan elektr energiyani eng quyi kuchlanishli iste’molchigacha yetkazib berishda kamida 5 bosqichli transformatorlar ketma ketligidan foydalaniladi. Stansiyada ishlab chiqarilgan elektr energiyaning kuchlanishi kichik bo‘lganligi sababli stansiyaning o‘zida aosiy tizim liniyalariga energiyani qo‘shish uchun (O‘zbekiston energetika tizimida) 500 kV gacha ko‘tariladi va tizimga bog‘lanadi. Bu bosqichda kamida 2 ta tarnsformatorlar ketma ketligidan foydalaniladi. Iste’molchiga yaqin hududga kelganda 500 kV li kuchlanishdagi elektr energiya 220 kV li kuchlanishga o‘zgartiriladi, keyingi bosqichda esa 220 kV li kuchlanishdagi elektr energiya 110 kV li kuchlanishga o‘zgartiriladi, 110 kV li kuchlanishdagi elektr energiya 35 kV li kuchlanishga o‘zgartiriladi, 35 kV li kuchlanishdagi elektr energiya 10 kV li kuchlanishga o‘zgartiriladi va iste’molchiga juda yaqin hududga kelib kuchlanish 10 kV dan 0,4 kv ga o’zgartirilgan holda iste’molchiga uzatiladi.

Yuqorida keltirib o‘tilgan kuchlanishni o‘zgartirishda kuch tarnsformatorlaridan foydalaniladi. Shuning uchun energetika tizimida kuch transformatorlar asosiy vazifalardan biri bo‘lgan yuklamali tarmoqlarni kuchlanishini o‘zgartirishga xizmat qiladi.

50-rasm. Kuch transformatorlarining umumiy ko‘rinishi.



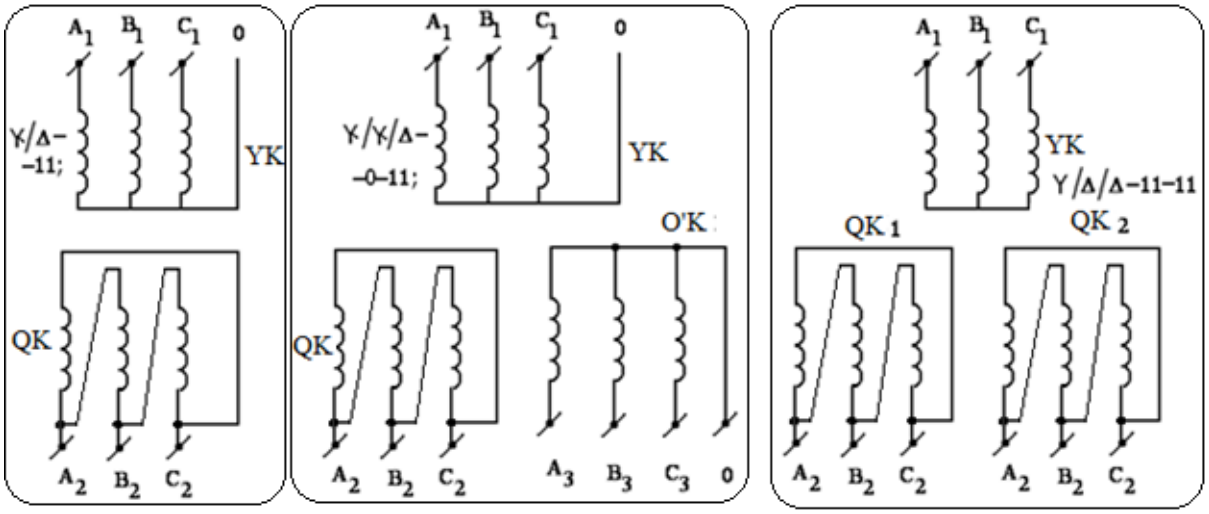
51-rasm. Uch fazli kuch transformatorlarining bir chiziqli sxemada belgilanishi.

Kuch transformatorlari bir fazali va uch fazali transformatorlarga bo‘linadi. Uch fazali transformatorlar eng ko‘p qo‘llaniladi, chunki ularda quvvat isroflari 12–15%, aktiv materiallar sarfi bilan qiymati 20–23% kamdir. (ya’ni bitta uch fazali transformatorlarni quvvati bilan uchta bir fazali transformatorlarni jami quvvatiga qaraganda quvvat isrofi 12–15% ga kamdir).

Uch fazali transformatorlar tayyorlash mumkin bo‘lmagan, ya’ni katta quvvatni hamda transportirovka qilish ancha qiyin hollarda bir fazali transformator qo‘llaniladi.

Bir fazali transformatorlar 500 kV kuchlanishda 1600 MVA; 750 kV kuchlanishda 1250 MVA quvvatga tengdir.

Uch fazali transformatorlar 220 va 500 kV kuchlanishli, quvvati 1000 MVA gacha va 500/110 kVli 250 MVA li transformatorlarni ishlab chiqarilyapti. Transformatorlar ikki cho‘lg‘amli va uch cho‘lg‘amliga bo‘linadi. 51-rasm.

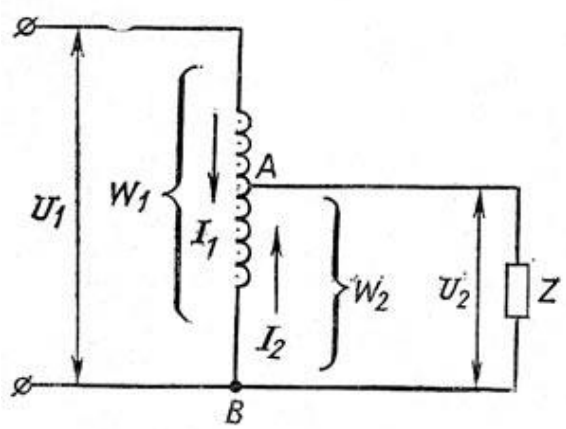


a **b** **c**

52-rasm. Kuch transformatorlarining cho‘lg‘amlarining umumiy ko‘rinishi.
a – ikkichi cho‘lg‘amli transformator sxemasi; **b** – uch cho‘lg‘amli transformator sxemasi; **c** – ikkichi cho‘lg‘amli quyi kuchlanish tomoni ajratilgan (yakkalangan) transformator sxemasi.

Avtotransformatorlar – kuch transformatorlari kabi vazifalarda va boshqa ko‘plab maqsadlarda foydalanish mumkun bo‘ladi. Energetika tizimida katta quvvatli transformatorlarda masalan 500 kV li kuchlanishda ishlovchi transformatorlar odatda avtotransformatorlar hisoblanadi. Avtotransformatorlarning asosiy kuch transformatorlaridan farqi magnit cho‘lg‘amlar aro magnit bog‘lanishdan tashqari elektr bog‘lanishga ega bo‘lganligi hamda qo‘llanilish sohasining kengligi bilan farqlanadi.

53-rasm. Bir fazali avtotransformatorlarning umumiy ko‘rinishi.

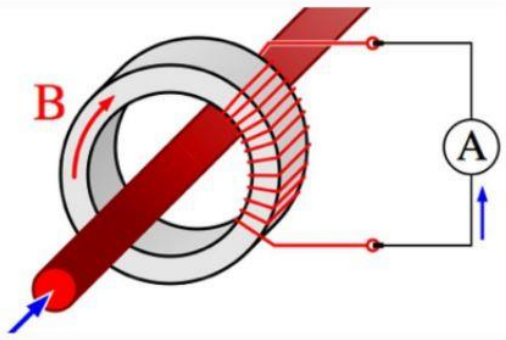


54-rasm. Avtotransformator cho‘lg‘amlarining umumiy ko‘rinish sxemasi.

55-rasm. Laboratoriya avtotransformatorining umumiy ko‘rinishi.

Maxsus transformatorlar

Maxsus transformatorlarga turli maqsadlarda foydalanish uchun ishlab chiqarilgan transformatorlar kiradi. Masalan kuchlanishni o‘lchash uchun ishlab chiqarilgan o‘lchov kuchlanish transformatori, huddi shunday tok kuchini o‘lchash uchun tok tranfsormatori bu transformatorlarlar tok va kuchlanishni to‘g‘ridan to‘g‘li o‘lchash imkoniyati bo‘lmagan holatlarda o‘lchash uchun qulay bo‘lgan kuchlanish va tok qiymatiga o‘zgartirib berish uchun xizmat qiladi.



Tok transformatori sxemasi Tok transformatori ko‘rinishi

56-rasm. Tok transformatorining sxemasi va tashqi ko‘rinishi.

57-rasm. Kuchlanish transformatorining tashqi ko‘rinishi.

Payvatlash qurilmalarida foydalaniladigan transformatorlarham maxsus transformatorlar guruhiga kiradi, ular aynan maxsus ishlarni bajarish maqsadida ishlab chiqarilgan hisoblanadi.

58-rasm. Payvatlash transformatorining tashqi ko‘rinishi.

2. Kuch transformatorlaridan samarali foydalanish.

Elektr energetika tizimlarida kuch transformatorlari asosiy qurilmalardan biri hisoblanadi. Ular elektr energiyasini uzoq masofalarga minimal yo‘qotishlar bilan uzatish, taqsimlash va iste’molchilarga yetkazish jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi. Transformatorlardan samarali foydalanish, eng avvalo, elektr energiyasining tejab-tejamli ishlatilishiga, tizimning umumiy ishonchliligi va barqarorligiga hamda texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarining kamayishiga olib keladi.

Samarali foydalanish deganda transformatorning foydali ish koeffitsientini yuqori darajada ushlab turish, issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish, optimal yuklama sharoitida ishlashini ta’minlash, texnik xizmat ko‘rsatish rejalariga qat’iy rioya qilish, hamda sovutish tizimining samaradorligini oshirish tushuniladi. Kuch transformatorlari doimiy ravishda kuchlanishni oshirib yoki pasaytirib, kuchlanish darajalari o‘rtasida muvozanatni ta’minlaydi. Bu jarayonda, agar transformatorlar noto‘g‘ri ishlatilsa yoki texnik xizmatlar e’tiborsiz qolsa, energiya yo‘qotishlarining ortishiga, izolyatsiyaning shikastlanishiga va qurilmaning erta ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

Transformatorlardagi yo‘qotishlar asosan ikkiga bo‘linadi: magnit o‘zakdagi yo‘qotishlari va o‘ramlardagi elektr yo‘qotishlar. Magnit o‘zakda yuzaga keladigan magnitlanish va uyurma toklar tufayli bo‘lgan yo‘qotishlar yuklamaga bog‘liq emas va doimiy hisoblanadi. O‘ramlarda esa tok o‘tishi natijasida misning qarshiligida issiqlik yo‘qotishlari yuzaga keladi, bular yuklamaga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq bo‘lib, tok kvadratiga mutanosib ravishda ortadi. Shu sababli, transformatorni haddan ortiq yoki haddan kam yuklash har ikki holatda ham energiya samaradorligini pasaytiradi. Transformator optimal ish holatida – odatda nominal quvvatining 80-90 foizida ishlaganda eng yuqori foydali ish koeffitsienti (95-98%)ga ega bo‘ladi.

Transformatorlar issiqlik chiqaruvchi qurilmalar bo‘lgani sababli, sovutish tizimining holati juda muhim ahamiyatga ega. Quruq transformatorlarda havo sovutgichlari, yog‘li transformatorlarda esa yog‘ aylanishi asosidagi tabiiy yoki majburiy sovutish tizimlari (masalan, ONAN, ONAF, OFAF kabi) qo‘llaniladi.

Sovutish tizimining nosozligi yoki yog‘ning sifatining buzilishi izolyatsiyaning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, transformator yog‘i tarkibida namlik yoki havodagi gazlar bo‘lishi elektr teshilishi xavfini oshiradi. Shu bois, yog‘ning holatini doimiy monitoring qilish, gaz tahlilini amalga oshirish va zarur hollarda filtrlash kabi texnik xizmatlar muhim hisoblanadi.

Samarali foydalanish shuningdek yuklamaning simmetrik taqsimlanishini ham talab qiladi. Uch fazali transformatorlarga ulangan yuklamalar iloji boricha teng bo‘lishi kerak. Aks holda, ayrim fazalarda ortiqcha tok yoki ortiqcha issiqlik yuzaga kelib, bu transformatorning nosimmetrik ishlashiga, shovqin, tebranish va yo‘qotishlarning ortishiga olib keladi. Shu bilan birga, transformatorlarga avtomatik monitoring va diagnostika tizimlarini o‘rnatish ham samaradorlikni oshiradi. Masalan, zamonaviy mikroprosessor asosidagi monitoring tizimlari orqali transformator holatini doimiy kuzatish, yuklamani optimallashtirish, haroratni nazorat qilish va avariyaviy holatlarni oldindan aniqlash mumkin bo‘ladi.

Transformatorlarning energiya samaradorligi iqtisodiy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Yuqori samaradorlikka ega transformatorlar (masalan, A klass yoki A+ klass) har yili katta miqdorda elektr energiyasini tejash imkonini beradi. Bu esa sanoat yoki elektr tarmoqlari darajasida sezilarli tejamkorlikka olib keladi. Energiya samaradorligini oshirish uchun zamonaviy magnit materiallardan, past yo‘qotishli o‘ram simlaridan foydalanish, optimallashtirilgan konstruktsiyalarni joriy qilish zarur.

Yuqorida keltirilgan barcha texnik va tashkiliy chora-tadbirlar transformatorning ishlash samaradorligini oshirish, energiya resurslarini tejash, xizmat muddatini uzaytirish va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Bu esa transformatorlar ishlatiladigan barcha tizimlarning ishonchli, barqaror va iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lishini ta’minlaydi. Transformatorlar ustida olib boriladigan zamonaviy tadqiqotlar, innovatsion texnologiyalarni qo‘llash va raqamli boshqaruv vositalarining joriy etilishi esa yaqin kelajakda ularning samaradorligini yanada oshirishi kutilmoqda.

3. Energetika tizimida transformatorlarni tanlash

Elektr energetika tizimida transformatorlar asosiy texnologik bo‘g‘inlardan biri hisoblanadi. Shuning uchun, transformatorni to‘g‘ri tanlash nafaqat tizim samaradorligi va ishonchliligini ta’minlaydi, balki uzoq muddatli texnik-texnologik barqarorlikni ham kafolatlaydi. Transformatorlarni tanlashda texnik, iqtisodiy va ekspluatatsion omillar birgalikda ko‘rib chiqilishi zarur bo‘ladi.

Avvalo, transformator tanlashda tizimdagi kuchlanish darajalari va uzatiladigan elektr quvvati hisobga olinadi. Har bir energetik tarmoq ma’lum kuchlanish pog‘onalarida ishlaydi va ularning orasida elektr energiyasi oqimini ta’minlash uchun mos kuchlanishga ega transformator zarur bo‘ladi. Masalan, elektr stansiyalarda ishlab chiqarilgan energiya odatda 10-20 kV kuchlanishda bo‘ladi, lekin uzatish tarmog‘iga chiqish uchun kuchlanish 110, 220 yoki 500 kV darajalariga oshiriladi. Bu yerda yuqori kuchlanishli kuch transformatorlari tanlanadi. Aksincha, iste’molchilarga energiyani yetkazishda kuchlanish past darajalarga, masalan 0.4 kV gacha tushiriladi, bu esa past kuchlanishli transformatorlar orqali amalga oshiriladi.

Transformator quvvati ham tanlovda muhim mezon hisoblanadi. Quvvat nominal yuklama, tarmoqdagi eng yuqori yuklama va potensial ortiqcha yuklama sharoitlarida hisoblanadi. Transformator odatda 30-40% zaxira bilan tanlanadi, bu esa uning haddan ortiq qizishini va erta ishdan chiqishini oldini oladi. Shuningdek, transformatorning termik sinfi, ya’ni uning maksimal haroratga chidamliligi, tanlovda alohida ahamiyatga ega. Energiya iste’molining o‘zgaruvchanligi hisobga olinib, yuklama grafiklari asosida tanlash amalga oshiriladi. Kunlik va yillik yuklama farqlari, cho‘qqi yuklama vaqtlaridagi barqarorlik darajasi ham tanlovga ta’sir qiladi.

Yana bir muhim omil — transformatorning samaradorligi va yo‘qotishlaridir. Transformatorlar ishlash jarayonida ma’lum miqdorda energiyani yo‘qotadilar, bu yo‘qotishlar esa issiqlik shaklida namoyon bo‘ladi. Shuning uchun, tanlovda magnit o‘zak va o‘ramlardagi yo‘qotishlar miqdori, ya’ni magnit to‘yinish, uyurma tok yo‘qotishlari va mis yo‘qotishlar baholanadi. Samarali ishlovchi, energiya tejamkor

transformatorlar (masalan, A yoki A+ samaradorlik klassiga ega bo‘lganlar) afzallik kasb etadi, chunki ular uzoq yillik ekspluatatsiyada sezilarli energiya va mablag‘ tejaydi.

Transformatorning konstruktiv tuzilishi ham tanlovga ta’sir qiladi. Masalan, yog‘li transformatorlar katta quvvatlar uchun, yuqori issiqlik tarqalishini talab qiladigan joylarda qo‘llaniladi. Quruq transformatorlar esa xavfsizlik jihatidan muhim bo‘lgan ob’ektlarda, ichki bino o‘rnatmalarda, ventilyatsiyasi cheklangan hududlarda ishlatiladi. Sovutish tizimi ham tanlovda muhim rol o‘ynaydi: tabiiy sovutish (ONAN), majburiy sovutish (ONAF) yoki maxsus sovutish usullari tizim sharoitlariga qarab tanlanadi.

Energetika tizimining geografik va iqlimiy sharoitlari ham transformator tanloviga ta’sir etadi. Masalan, yuqori tog‘li hududlarda atmosfera bosimi pastligi, havo haroratining keskin o‘zgarishi yoki namlikning yuqoriligi transformatorning izolyatsiya materiallari va sovutish tizimlariga qo‘yiladigan talablarni oshiradi. Aholi punktlarida joylashgan transformator podstansiyalarida shovqinning minimal darajada bo‘lishi kerak bo‘ladi, bu esa past shovqinli konstruksiyalarni talab qiladi. Transformatorlarni tanlashda texnik omillardan tashqari iqtisodiy jihatlar ham muhim rol o‘ynaydi. Xarid narxi, ekspluatatsiya xarajatlari, texnik xizmat ko‘rsatish ehtiyoji, ehtiyot qismlar mavjudligi va xizmat muddati — bularning barchasi umumiy iqtisodiy samaradorlikka ta’sir ko‘rsatadi. Odatda, tanlovda "hayotiy davr qiymati" (Life Cycle Cost — LCC) metodi qo‘llaniladi. Bu metod transformatorning butun ishlash muddati davomida keltiradigan xarajatlar va foyda ko‘rsatkichlarini hisoblashga asoslanadi.

Shuningdek, zamonaviy energetika tizimlarida raqamli texnologiyalarga mos keluvchi transformatorlar tanlanmoqda. Ular zamonaviy monitoring va boshqaruv tizimlariga ulanadi, masofadan turib nazorat qilinadi va aqlli tarmoqlar (smart grid) uchun moslashtirilgan bo‘ladi. Bunday transformatorlar energiya taqsimotida avtomatlashtirilgan boshqaruv, avariyalarni oldindan aniqlash, yuklama balansini saqlash kabi ustunliklarga ega.

Umuman olganda, transformatorlarni tanlash — bu kompleks texnik-iqtisodiy tahlilga asoslangan muhim qaror bo‘lib, u tizim ishonchliligi, energetik xavfsizlik va energiya samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. To‘g‘ri tanlangan transformator energiya ta’minotining uzluksizligi va barqarorligining garovidir.

Transformator soni va quvvatini tanlashda hisobiy yuklamadan kelib chiqqan holda iste’molchi toifasiga qaraladi. 1-toifali iste’molchilar uchun yuklanish koeffitsiyenti 70 % gacha, juft transformator tanlanadi, 2-toifali iste’molchilar uchun yuklanish koeffitsiyenti 80-85 % gacha, juft transformator tanlanadi, 3-toifali iste’molchilar uchun yuklanish koeffitsiyenti 95 % gacha, juft transformator yoki yakka transformator tanlanadi.

Nazorat savollari

1. Transformatorlar qanday turlarga bo‘linadi va har bir tur elektr tizimida qanday funksiyani bajaradi?
2. Avtotransformatorlar va kuch transformatorlari o‘rtasidagi asosiy farqlarni izohlang.
3. Maxsus transformatorlarga misollar keltiring va ularning qo‘llanilish sohalarini tushuntiring.
4. Transformatorlardagi magnit zanjir konstruksiyasi ularning ish samaradorligiga qanday ta’sir qiladi?
5. Kuch transformatorlarining samaradorligini ta’minlovchi asosiy omillarni sanab bering.
6. Transformatorlarda aktiv va reaktiv yo‘qotishlarni kamaytirish bo‘yicha qanday choralar mavjud?
7. Transformatorning yuklama grafigi va yuklama koeffitsienti nima va ular qanday aniqlanadi?
8. Sovutish tizimlari (ONAN, ONAF, va boshqalar) transformatorning ishlash samaradorligiga qanday ta’sir ko‘rsatadi?
9. Transformator tanlashda qanday parametrlar hisobga olinadi va nega?
10. 1-toifa, 2-toifa va 3-toifa iste’molchilar uchun transformator tanlashda qanday farqlar mavjud?

3.7 Taqsimlash qurilmalari va komutatsiya jihozlari

Reja:

1. Energetika tizimida taqsimlash qurilmalarining ahamiyati
2. Komutatsiya jihozlari va ularning vazifalari
3. Komutatsiya jihozlarini tanlash

1. Energetika tizimida taqsimlash qurilmalarining ahamiyati

Elektr energiyasini qabul qilish va uni boshqa elektr qurilmalari orasida taqsimlash uchun mo‘ljallangan elektr uskunasi taqsimlash qurilmasi deb ataladi.

Yuqori kuchlanishli yopiq taqsimlash qurilmalari

Taqsimlash qurilmasi -bu elektr energiyasini qabul qilish va taqsimlash uchun xizmat qiluvchi elektr qurilmalar, hamda elektr jixozlar, shinalar va yordamchi qurilmalariga ega bo‘lgan elektr qurilmadir.

Agar taqsimlash qurilmasi bino ichiga joylashgan bo‘lsa, bu yopiq taqsimlash qurilmasi YOTQ, tashqi muxitda joylashgan bo‘lsa ochiq taqsimlash qurilmasi OTQ deb ataladi. YOTQ odatda 3-20 kV li kuchlanishga mo‘ljallab quriladi. Odatda katta kuchlanishlarda ochiq taqsimlash qurilmasi quriladi. Lekin taqsimlash qurilmasiga ajratilgan maydon cheklangan, atrof-muxit o‘ta oksidlovchi moddalar bilan qoplangan, aytaylik ximiyaviy chiqindilar bo‘lsa, 35-220 kV kuchlanishlarda ham YOTQ qo‘llash mumkin. Taqsimlash qurilmalari elektr qurilmalarini ishonchli ishlashini ta’minlash kerak. Bu talab elektr asbob-uskunalarini to‘g‘ri tanlash va joylashtirish, taqsimlash qurilmasi tipi bilan konstuktiv joylashishini normativ xujjarlarga muvofik to‘g‘ri tanlash yo‘li bilan bajariladi. Taqsimlash qurilmalari o‘zlarining konstruktiv qurilishlariga qarab uch turga bo‘linadi:

Hamma elektr uskunalari maxsus binolarda joylashtirilgan yopiq taqsimlash qurilmalari;

Asosiy elektr uskunalari ochiq havoda (to‘silgan maydonda) joylashgan ochiq taqsimlash qurilmalari;

Barcha apparatlari, asboblari va yordamchi qurilmalari to‘la yoki qisman yopiq metall shkaflarga joylashtirilgan komplekt taqsimlash qurilmalari. Shkaflarni tayyorlash va ularga elektr uskunalarini montaj qilish maxsus zavodlarda bajariladi.

Komplekt taqsimlash qurilmasi shkaflari (ular kameralar deb yuritiladi) ichki qurilmalar uchun ham, tashqi qurilmalar uchun ham chiqariladi.

Taqsimlash qurilmalari ning har qaysi turi o‘z afzalliklari va kamchiliklariga ega. Masalan, yopiq taqsimlash qurilmalari (YOTQ) barcha elektr uskunalarining meteorologiya ta’sirlaridan, kukun–to‘zonlar, kul, qora kuya va hokazolar bilan ifloslanishdan ishonchli himoya qilinishi bilan qulaydir. Biroq yopiq taqsimlash qurilmalari YOTQ juda qimmatga tushadi, uskunalarning oldiga borish, uni qarovdan o‘tkazish va ta’mirlash qiyin. Ochiq taqsimlash qurilmalari (OTQ) arzon, qurish ishlari tez bitadi, elektr uskunalariga qarash, ularni montaj va remont qilish qulay bo‘ladi. Shu bilan birga, ishlab turgan ochiq taqsimlash qurilmalari OTQ ga noqulay ob–havo sharlitida xizmat ko‘rsatish qiyinlashadi. Ochiq taqsimlash qurilmalari ko‘p joy egallaydi, uning apparatlari havo haroratining keskin o‘zgarishlari, yog‘ingarchilik ta’sirida qoladi, kukun va changdan muhofaza qilinmagan.

Taqsimlash qurilmalarining elektr bilan ta’minlash sistemasi bo‘lib, uning o‘rniga qarab, elektr stantsiyasi genegatorlari, podstantsiyalarining kuch transformatorlari, havo va kabel elektr uzatish liniyalari bino ichida tortilgan elektr simining energiya beruvchi yoki taqsimlash liniyalari xizmat qilishi mukin.

Taqsimlash qurilmasidan keladigan elektr energiyasi boshqa taqsimlash qurilmalari, podstantsiyalar, kuch transformatorlari va turli elektr qabul qiluvchilar orasida taqsimlanishi mumkin. Bu elektr qurilmalariga elektr energiyasi taqsimlash qurilmasidan tarqaluvchi kabel va havo liniyalari orqali yuboriladi.

Taqsimlash qurilmalarida unga ulangan liniyalarni ajratib qo‘yish va himoya qilish apparatlari, shuningdek, butun taqsimlash qurilmasini ham, uning alohida bo‘linmalarini ham ishlashini nazorat qilib turuvchi turli o‘lchov asboblari bo‘ladi.

Energiyani qabul qilib olish va taqsimlash, shuningdek, taqsimalash qurilmsining alohida elementlarini o‘zaro ulash uchun, odatda ochiq metell shinalar ishlatiladi,

ular alohida shinalar qurilmasini hosil qiladi. Shinalar qurilmasi asosiy (yoki yig‘ma), tarmoqlovchi va ulovchi shinalardan iborat.

Asosiy shinalar taqsimlash shinalaridir, ularga energiya manbaidan kelib, ketuvchi liniyalarga beriladi.

Komplekt taqsimlash qurilmalarida tok o‘tkazuvchi qismlar yaxlit metall to‘siqlar bilan berkitib qo‘yiladi. Bunda g‘ildiratish telejkalarini taqsimlash qurilmalari shinalariga ulaydigan tiqish kontaktlari telejka g‘ildiray boshlashi bilan avtomatik parda yoki eshikchalar bilan bekiladi.

G‘ildiratish telejkasining jihozlarida, komplekt taqsimlash qurilmalari (KTQ)ning bo‘linmasidagi g‘ildiratish telejkasidan keyin o‘rnatilgan jihozlarda, kabelda yoki KTQ ning berilgan yacheykasidan ta’minlanadigan tutashmalarda ishlarni bajarish uchun telejka to‘la g‘ildiratiladi, avtomatik pardalar (yashikchalar) yopiladi, yacheykaga “Yoqmang insonlar ishlamoqda” plakati osiladi.

Agar ish bo‘linmaning o‘zida bajariladigan bo‘lsa, yuqorigi pardaga, bulardan tashqari “to‘xta yuqori kuchlanish” plakati osiladi.Yacheykaga kuchlanish berilishi mumkin bo‘lgan kabelda kuchlanish yo‘qligi tekshiriladi va yerga ulanadi, so‘ngra unga “ish bajarilmoqda” plakati osiladi.

O‘chirgichlar va g‘ildiratish telejkasidagi jihozlar, odatda, yacheykalardan hamda kuchlanish ostida bo‘lgan tok o‘tkazuvchi qismlarda uzoqda remont qilinadi. Agar ish bajarish sharoiti bo‘yicha KTQ shkafining ichiga joylashgan releda, o‘lchash priborlarida, qismaning yig‘malarida, simlarda va kommutatsiya apparatlarida telejkani g‘ildiratish talab etilmasa, ish joyiga “Bu yerda ish bajarilmoqda” plakati, telejkani fiksatsiyalash dastasiga yoki eshik dastasiga “Yoqmang insonlar ishlamoqda” plakati osiladi.

Telejkani g‘ildiratish va uni o‘rnatish jihozni uzish va ulash operatsiyalari hisoblanadi, shuning uchun ularni IV malaka gruppasiga ega bo‘lgan operativ xodimning bir o‘zi yoki nazorat qiluvchi shaxs bilan birgalikda bajarish huquqiga ega.

59-rasm. Quyi kuchlanishlarda qo’llaniladigan yopiq taqsimlash qurilmalari.

60-rasm. Yuqori kuchlanishlarda qo’llaniladigan ochiq taqsimlash qurilmalari.

2. Komutatsiya jihozlari va ularning vazifalari

Komutatsiya jihozlari elektr energiyasini uzatish va taqsimlash tizimlarida eng muhim elementlardan biridir. Ular energiya oqimini boshqarish, tarmoqning uzluksiz ishlashini ta'minlash, qisqa tutashuvlarni bartaraf etish va tizimdagi texnik nosozliklarni aniqlashda asosiy rol o‘ynaydi. Komutatsiya jihozlari elektr tarmoqlarining xavfsiz, samarali va ishonchli ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi.

Komutatsiya jihozlarining asosiy vazifalari

Komutatsiya jihozlari tarmoqda elektr energiyasining oqimini boshqarishga imkon beradi. Ular orqali energiya oqimi turli tarmoqlar va foydalanuvchilarga

taqsimlanadi, tizimda energiyaning kerakli joyga o‘tishi ta'minlanadi. Komutatsiya apparatlari yordamida kerakli kuchlanish va tok shartlari saqlanadi.

Komutatsiya jihozlari tizimda yuzaga keladigan qisqa tutashuvlar va ortiqcha yuklanishlardan himoya qilishda muhim rol o‘ynaydi. Agar tarmoqda qisqa tutashuv yuzaga kelsa yoki tizimda ortiqcha yuk bo‘lsa, komutatsiya jihozlari avtomatik tarzda energiya oqimini to‘xtatadi va tizimni himoya qiladi.

Komutatsiya jihozlari elektr energiyasining taqsimotini boshqaradi. Masalan, energiya manbalarini o‘zgartirish yoki tarmoqni qisqa tutashuvlardan ajratish uchun o‘chirish qurilmalari ishlatiladi. Bu esa tarmoqdagi nosozliklar va qiyinchiliklarni bartaraf etish imkoniyatini yaratadi.

Komutatsiya jihozlari tarmoqdagi nosozliklar yoki qisqa tutashuvlar bartaraf etilgandan so‘ng energiya ta'minotini qayta tiklashda yordam beradi. Tarmoqning izchil ishlashini ta'minlash uchun tizimda yuzaga kelgan nosozliklar tezda bartaraf etiladi.

Komutatsiya jihozlari tarmoqning holatini monitoring qilish va nazorat qilish imkonini beradi. Ular yordamida tizimning ishlash ko‘rsatkichlari, energiya oqimi va boshqa parametrlar kuzatilib boriladi. Bu esa tizimni optimallashtirish va samarali ishlashini ta'minlash imkonini beradi.

Komutatsiya jihozlarining turlari

Komutatsiya jihozlari turli vazifalarni bajarish uchun bir necha xil turlarga bo‘linadi:

O‘chirish jihozlari tarmoqni qisqa tutashuvlar, ortiqcha yuklanishlar yoki boshqa favqulodda holatlar yuzaga kelganda uzib qo‘yish uchun ishlatiladi. Ular yordamida energiya oqimi to‘xtatiladi va tarmoqni himoya qilish amalga oshiriladi.

Uzg‘ichlar – bu energiya oqimini yo‘naltiradigan va tarmoqni ajratadigan qurilmalar. Ular tarmoqda energiya oqimini boshqaradi, tizimdagi nosozliklarni aniqlaydi va uzatish jarayonini optimallashtiradi.

Relelar va avtomatik o‘chirish qurilmalari qisqa tutashuvlar va ortiqcha yuklarni aniqlashda ishlatiladi. Ular nosozliklarni aniqlash va energiya oqimini avtomatik tarzda o‘zgartirishda yordam beradi.

Bu turdagi komutatsiya jihozlari tarmoqdagi elektr toki va kuchlanishni boshqarishda ishlatiladi. Elektr energiyasining yuqori samaradorlikda taqsimlanishini ta'minlash uchun bu qurilmalar energiya oqimini nazorat qiladi.

Tarmoqdagi energiyaning kuchlanishini o‘zgartirish va tizimdagi balansni saqlash uchun kommutatsiya transformatorlari ishlatiladi. Ular energiya oqimini boshqarish va tarmoqning barqaror ishlashini ta'minlashda yordam beradi.

Komutatsiya jihozlari energetika tizimlarining muhim qismlaridan biridir. Ular tizimning ishonchli, xavfsiz va samarali ishlashini ta'minlashda asosiy rol o‘ynaydi. Komutatsiya jihozlarining vazifalari energiya oqimini boshqarish, qisqa tutashuvlarni bartaraf etish, tarmoqni qayta tiklash va energiya taqsimotini optimallashtirishni o‘z ichiga oladi. Yangi texnologiyalar va ilg‘or tizimlar yordamida komutatsiya jihozlarining samaradorligi yanada oshadi va ular energiya tizimlarining kelajagi uchun katta ahamiyatga ega bo‘ladi.

61-rasm. 0,4 kv li tarmoqlarda qo‘llaniladigan avtomat uzgich.

62-rasm. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda qo‘llaniladigan elegazli o’chirgich.

63-rasm. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda qo‘llaniladigan ajratkich.

64-rasm. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda qo‘llaniladigan saqlagich (3-10 kV).

65-rasm. Qisqa tutashtirgich.

66-rasm. Yuqori kuchlanishli tarmoqlarda qo‘llaniladigan razryadnik.

3. Komutatsiya jihozlarini tanlash

Komutatsiya jihozlari energiya tizimlarida asosiy elementlardan biri bo‘lib, ular elektr energiyasining uzluksiz va xavfsiz taqsimotini ta'minlashda muhim rol o‘ynaydi. Komutatsiya jihozlarini tanlashning to‘g‘ri yondashuvi tizimning samarali ishlashini, energiya isroflarining kamayishini, qisqa tutashuvlar va nosozliklarning tezda bartaraf etilishini ta'minlaydi. Komutatsiya jihozlarini tanlashda bir qator texnik va amaliy omillarni hisobga olish kerak.

Komutatsiya jihozlarini tanlashda birinchi navbatda tizimning ishlash sharoitlari, elektr energiyasining o‘tishi kerak bo‘lgan kuchlanish va tok miqdori, tarmoqning quvvati va ehtimoliy nosozliklar kabilar hisobga olinadi. Tanlovning asosiy maqsadi tizimni optimal va ishonchli ishlashini ta'minlashdir.

Komutatsiya jihozlarini tanlashda energiya tizimining ishlash kuchlanishlari va tarmoqlarda o‘tadigan tok miqdori hisobga olinishi kerak. Agar kuchlanish darajasi yuqori bo‘lsa, unda yuqori kuchlanishga chidamli jihozlar tanlanadi. Bunda, o‘chirish va uzatish jihozlari ham kuchlanishga mos bo‘lishi lozim. Tokning oshishi yoki kamayishi komutatsiya jihozlari tomonidan yaxshi boshqarilishi kerak.

Komutatsiya jihozlari tarmoqda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan qisqa tutashuvlar, ortiqcha yuklanishlar yoki boshqa noxush holatlarda tizimni himoya qilishni ta'minlashi kerak. Tarmoqni yuqori xavfsizlik darajasida boshqarish uchun

har bir komutatsiya apparati mustahkam va tez ishlaydigan bo‘lishi lozim. Bu jihozlar avtomatik tarzda energiya oqimini to‘xtatishi yoki qayta tiklashi mumkin.

Komutatsiya jihozlari uzoq muddat davomida ishlashi kerak. Tanlash jarayonida ular chidamli materiallardan tayyorlanishi va yuqori sifatli bo‘lishi kerak. Tarmoqning ishonchli ishlashini ta'minlash uchun jihozlar maksimal darajada samarali bo‘lishi lozim, shuningdek, ularning texnik xususiyatlari energiya tizimining turli ehtiyojlariga mos kelishi kerak.

Komutatsiya jihozlari tanlashda ularning texnik xususiyatlari va ishlash muhiti ham e'tiborga olinadi. Har bir komutatsiya apparati uchun muayyan ish muhitida ishlash imkoniyatlari masalan, harorat, namlik, kimyoviy ta'sirlar va boshqalar muhim rol o‘ynaydi. Tizimda yuqori harorat, yuqori namlik yoki agressiv kimyoviy muhit bo‘lsa, bu holatlar uchun maxsus moslashtirilgan jihozlar kerak bo‘ladi.

Komutatsiya jihozlarini tanlashda hisobga olinadigan omillar

Komutatsiya jihozlari o‘zining vazifasiga qarab tanlanadi. Agar energiya oqimining o‘chirilishi kerak bo‘lsa, unda o‘chirish jihozlari tanlanadi. Agar energiya oqimini nazorat qilish va yo‘naltirish kerak bo‘lsa, unda uzgichlar va kommutatsiya transformatorlari tanlanadi. Tarmoqni himoya qilish uchun relelar va avtomatik o‘chirish qurilmalari ishlatiladi.

Komutatsiya jihozlarini tanlashda xavfsizlik juda muhim omil hisoblanadi. Jihozlar qisqa tutashuvlarni tezda aniqlab, energiya oqimini to‘xtatish imkoniyatiga ega bo‘lishi kerak. Komutatsiya jihozlari barcha xavfsizlik talablariga javob berishi va elektr tarmog‘ining xavfsiz ishlashini ta'minlashi zarur.

Komutatsiya jihozlari tizimda yuzaga kelgan nosozliklarni aniqlashda va energiya taqsimotini boshqarishda tezkor ishlashga ega bo‘lishi kerak. Komutatsiya jarayonlarini avtomatlashtirish tizimning samarali ishlashini ta'minlaydi. Avtomatik tizimlar qisqa tutashuvlarni aniqlab, kerakli qismlarini o‘chirish yoki qayta tiklash jarayonlarini avtomatik tarzda amalga oshiradi.

Komutatsiya jihozlarining ishlash muddati davomida ularni tez-tez ishlatish talab qilinadi. Shu bois, ularni tanlashda xizmat ko‘rsatish va ta'mirlash qulayligi

ham muhim ahamiyatga ega. Jihozlar tez-tez almashtirilishi yoki texnik xizmat ko‘rsatilishi kerak bo‘lsa, bu jarayonning qulay va tezkor bo‘lishi tizimning uzluksiz ishlashini ta'minlaydi.

Komutatsiya jihozlarini tanlash energiya tizimining samarali va xavfsiz ishlashini ta'minlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi. To‘g‘ri tanlangan jihozlar energiya tarmoqlarining uzluksizligini, xavfsizligini va samaradorligini oshiradi. Tanlovda tarmoqning ishlash holati, texnik xususiyatlar, xavfsizlik talablariga moslik va xizmat ko‘rsatish qulayligi kabi omillarni inobatga olish zarur. Komutatsiya jihozlari orqali tarmoqda yuzaga kelgan nosozliklar tezda bartaraf etiladi, energiya oqimi boshqariladi va tizim optimal ishlashga ega bo‘ladi.

Nazorat savollari

1. Energetika tizimida taqsimlash qurilmalarining ahamiyati haqida qanday tushunchaga egasiz?
2. Taqsimlash qurilmalarining asosiy vazifalari nimalardan iborat?
3. Komutatsiya jihozlari nima va ular energetika tizimida qanday ahamiyatga ega?
4. Komutatsiya jihozlarining turlari haqida qanday ma'lumot berasiz?
5. Komutatsiya jihozlarining energiya tizimida himoya qilishdagi o‘rni qanday?
6. Komutatsiya jihozlarini tanlashda qanday asosiy omillar hisobga olinadi?
7. Komutatsiya jihozlarining ishlash muhiti qanday ta'sir qiladi va bu jihatdan qanday tanlovlar qilinadi?
8. Tarmoqda yuzaga kelgan qisqa tutashuvni aniqlash va bartaraf etish uchun qaysi komutatsiya jihozlari ishlatiladi?
9. Taqsimlash qurilmalarining samarali ishlashini ta'minlash uchun qanday texnik va xavfsizlik talablariga rioya qilish kerak?
10. Komutatsiya jihozlarini avtomatlashtirishning afzalliklari nimalardan iborat?

3.8 Elektr tarmoqlarida energiya tejash masalalari

Reja:

1. Elektr tarmoqlarida energiya tejashning ahamiyati va zarurati.
2. Elektr tarmoqlarida energiya tejash usullari va texnologiyalari.
3. Uzatish jarayonida energiya isrofini kamayishiga olib keluvchi faktorlar.

1. Elektr tarmoqlarida energiya tejashning ahamiyati va zarurati.

Elektr tarmoqlari energetika tizimining eng muhim qismlaridan biri bo‘lib, ular butun hududda elektr energiyasining uzluksiz yetkazib berilishini ta'minlaydi. Hozirgi kunda energiyaning tejash masalasi har qachongidan ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, bu faqat iqtisodiy jihatlarga emas, balki ekologik va texnik jihatlarga ham ta'sir ko‘rsatadi. Elektr tarmoqlarida energiya tejashning ahamiyati keng doirada tushuniladi va bu jarayon, o‘z navbatida, nafaqat energiya ishlab chiqarish, balki uni uzatish va tarqatish jarayonlarida ham muhim ahamiyatga ega.

Elektr energiyasi ishlab chiqarish, uzatish va tarqatish tizimlarida energiya yo‘qotishlari mavjud. Elektr tarmoqlarida energiya tejash iqtisodiy foydalarni keltirishi mumkin, chunki tarmoqda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish orqali elektr energiyasining samaradorligini oshirish mumkin. Tarmoqlarda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, shuningdek, ishlab chiqarilayotgan energiya miqdorini kamaytirishni anglatadi, bu esa tizimdagi energiya sarfini kamaytiradi va energiya resurslarini tejashga olib keladi. Tarmoqda energiya yo‘qotishlarining kamayishi energiya ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish, shuningdek, energiya narxining pasayishiga olib keladi.

Energiyani tejashning ekologik ahamiyati ham katta. Elektr energiyasini ishlab chiqarishda ko‘pincha neft, gaz yoki ko‘mir kabi fosil yoqilg‘ilaridan foydalaniladi, bu esa havo ifloslanishiga, iqlim o‘zgarishlariga va boshqa ekologik muammolarga olib keladi. Elektr tarmoqlarida energiya tejash, o‘z navbatida, energiya ishlab chiqarishning umumiy hajmini kamaytiradi va ekologik ta'sirlarni kamaytirishga yordam beradi. Yangi texnologiyalar va samarali tizimlar yordamida

energiya tejash jarayoni nafaqat resurslar tejashga, balki chiqindilarni kamaytirishga ham xizmat qiladi.

Elektr tarmoqlarida energiya tejashning texnik jihatlari ham juda muhim. Elektr energiyasi tarmoqlarida energiya yo‘qotishlari asosan ikki turga bo‘linadi: aktiv yo‘qotishlar va reaktiv energiya yo‘qotishlari. Jismoniy yo‘qotishlar asosan energiya uzatish tizimlaridagi o‘zgarishlarga, kabel va simlarning qarshiligiga, shuningdek, izolyatsiya va boshqa materiallarning sifatsizligiga bog‘liq. Reaktiv energiya yo‘qotishlari esa asosan induktiv yuklar (masalan, motorlar) tufayli yuzaga keladi. Elektr tarmoqlarida energiya tejash jarayonlari, ayniqsa, yuqori samarali transformatorlar, izolyatsiya tizimlarining yaxshilanishi, energiya saqlash tizimlari va boshqalar orqali amalga oshiriladi.

Elektr tarmoqlarida energiya tejashni amalga oshirishda ko‘plab texnologiyalar va usullar mavjud. Yangi avlod transformatorlari, avtomatik boshqaruv tizimlari, yuqori samarali izolyatsiya materiallari va energiya saqlash tizimlari energiya tejashda muhim rol o‘ynaydi. Misol uchun, o‘chirish tizimlari energiya oqimini boshqarishda va nosozliklar yuzaga kelganda tizimni tezda qayta tiklashda yordam beradi. Energiya saqlash tizimlari esa elektr energiyasining ortiqcha qismlarini saqlab, kerak bo‘lganda tarmoqka ta'minlash imkonini yaratadi. Bularning barchasi energiya tejashning samarali amalga oshirilishiga xizmat qiladi.

2. Elektr energiyani uzatishdagi isroflar va isrof bo‘luvchi energiyani strukturasi.

Elektr energiyani stantsiyalardan iste’molchilarga uzatish jarayonida o‘tkazgichlarni qizishi, elektromagnit maydonning xosil bo‘lishi va boshqa effektlarga bu energiyaning bir qismi isrof bo‘ladi.

Elektr tarmoqning xar qanday elementida elektr energiya isrofi yuklamaning xarakteri va qurilayotgan vaqt jarayonida uning o‘zgarishiga bog‘liq. O‘zgarmas yuklama bilan ishlab, aktiv quvvat isrofiga ega bo‘lgan eUYda *t* vaqt davomida isrof bo‘luvchi energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W = \Delta P t$$

Agar yuklama yil davomida o‘zgarib tursa, u xolda elektr energiya isrofini turli usullar yordamida xisoblash mumkin. Mavjud barcha usullarni foydalaniluvchi matematik modelga bog‘liq ravishda ikkita katta gruppaga bo‘lish mumkin. Bular – aniq va extimoliy-statistik usullardir.

Isroflarni aniqlashning eng sodda usullaridan biri e*ng katta isroflar vaqti bo‘yicha* topishdir. Barcha xolatlar ichidan quvvat isrofi eng katta bo‘lgan xolat aniqlanadi. Bu xolatni hisoblab, bu xolat uchun quvvat isrofi topiladi. Yil davomida energiya isrofini bu quvvat isrofini eng katta isroflar vaqti ga ko‘paytirib topiladi:

$$\Delta W = \Delta P_{экат} \tau$$

Eng katta isroflar vaqti shunday vaqtki, agar bu vaqt davomida eng katta yuklama bilan ishlanganda isrof bo‘luvchi energiya yil davomida yuklama grafigi bo‘yicha ishlanganda isrof bo‘luvchi energiyaga teng bo‘ladi, yahni,

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + ... + \Delta P_N \Delta t_N = \Delta P_{экат} \tau$$

Elektr energiya isrofi va iste’molchi tomonidan qabul qilingan elektr energiya orasida quyidagi tartibda bog‘lanishni o‘rnatish mumkin.

Iste’molchi tomonidan qabul qilingan energiya:

Eng katta yuklama vaqti shunday vaqtki, bu vaqt davomida eng katta yuklama bilan ishlovchi iste’molchi tarmoqdan olgan energiyasi bir yil davomida u yuklama grafigi bo‘yicha ishlab tarmoqdan olgan energiyaga teng bo‘ladi, ya’ni

$$T_{экат} = \frac{\sum_{i=1}^{N} P_i \Delta t_i}{P_{экат}}$$

3. Uzatish jarayonida energiya isrofini kamayishiga olib keluvchi faktorlar.

Hozirgi sharoitda elektr tarmoqlarda energiya isrofini kamaytirish yoqilg‘ini tejashning muhim manbalaridan biri hisoblanadi. Elektr energiya isrofini tahlil qilganda umumiy isrofni quyidagi turlarga bo‘lish lozim:

-energetika sistemasida *elektr energiya isrofining hisobiy miqdori* – barcha elektr stantsiyalardan tarmoqqa berilgan va barcha iste’molchilar tomonidan qayd etilib, puli to‘langan elektr energiya miqdorlari orasidagi farq;

- *isrofning hisobiy va texnik miqdori* – ma’lum holat parametrlari va tarmoq elementlarining hisob parametrlari bo‘yicha aniqlanib, u o‘tkazgichlarni qizishi va elektromagnit maydonning hosil bo‘lishiga sarf bo‘luvchi isrofdir;
- *tijorat isroflari* – u hisobiy va texnik isroflar orasidagi farq sifatida aniqlanib, u qayd etish tizimining takomillashmaganligi, schetchiklar ko‘rsatishini olishning bir vaqtda emasligi va noaniqligi, foydalaniluvchi qayd etish asboblarining xatoliklari, qayd etilmagan iste’molchilarning mavjudligi; o‘g‘irlashlar va h.k. lar bilan belgilanadi.

Hozirgi davrda mavjud elektr energiya isrofini kamaytirish tadbirlarini uch gruppaga bo‘linadi: tashkiliy, texnik va elektr energiyani hisobiy va texnik qayd etish tizimini takomillashtirish tadbirlari.

Tashkiliy tadbirlarni qo‘llash amalda hech qanday qo‘shimcha mablag‘ni talab etmaydi. *Texnik tadbirlar* qo‘shimcha kapital mablag‘larni talab etadi.

Elektr energiyani texnik va hisobiy qayd etish tizimining takomillashuvi isroflarni kamaytirish tadbirlarni tanlash bo‘yicha hisoblashlarni yanada aniq mahlumotlar bilan tahminlash imkonini beradi.

35 kV li kuchlanish tarmoqlarida 35 % elektr energiya isrof bo‘ladi, qolgan 65 % esa 0.22–10 kV li elektr tarmoqlariga to‘g‘ri keladi. 0.22–10 kV li tarmoqlarda elektr energiya ko‘p isrof bo‘lishiga qaramasdan bu tarmoqlarni qurish uchun rangli metall 35 kV li va undan yuqori kuchlanishli tarmoqlarga nisbatan 4 barobar ko‘p sarflanadi. Bundan ko‘rinadiki, elektr energiya isrofini kamaytirish uchun 1000 V gacha bo‘lgan liniyalar uzunlini kamaytirish kerak. Buning uchun iste’molchilarga yaqinroq podstantsiyalar sonini ko‘proq qurish talab qilinadi. Elektr qurilmalarida quvvat koyeffitsiyentini oshirish yo‘li bilan ham tarmoqlardagi isroflarni sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Chunki,

$$\Delta P = 3J^2 R_л = \frac{P^2 R_л}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \text{ , kVt}$$

bundan quvvat koyeffitsiyenti

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

va t vaqt bo‘yicha esa

$$\cos\varphi_{св} = \frac{w_a}{\sqrt{w_a^2 + w_p^2}}$$

Bundan w_a va $w_,$ – t vaqt (30 minut vaqtda) dagi istehmol qilinuvchi aktiv va reaktiv energiya.

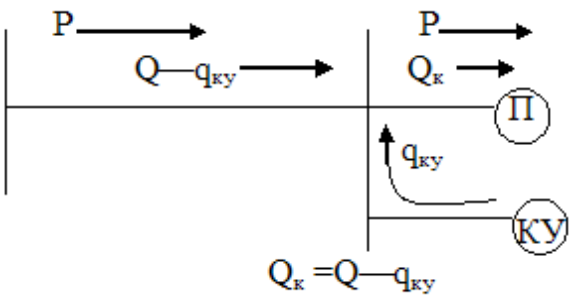
$cos\varphi$ ni tabiiy oshirish choralari: Asinxron dvigatellarni quvvatini to‘g‘ri tanlash; asinxron dvigatellarni salt yurish vaqtida quvvat koyeffitsiyenti $cos\varphi$=0.2–0.3, nominal yuklangan vaqtida esa $\cos\varphi$=0.83–0.86 bo‘lishini tahminlash.

To‘la yuklanmagan asinxron dvigatellarda $\cos\varphi$ birdaniga pasayadi. Bu holat kus transformatorlarida, qizitish qurilmalarida ham kuzatiladi. Shuning uchun 40 % past yuklangan asinxron dvigatellarni kichikroq quvvat lisiga almashtirish maqsadga muvofiqdir:

–agar texnologik jarayoni imkoniyat bersa, asinxron dvigatellar o‘rniga sinxron dvigatellar qo‘llash maqsadga muvofiqdir.

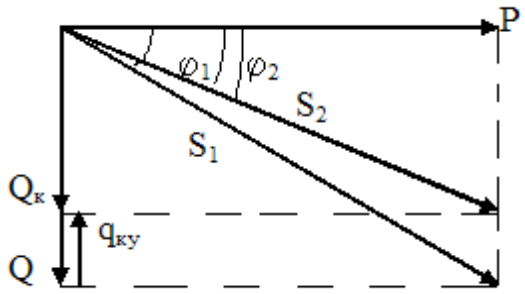
–elektr qurilmalarini sifatli tahmirlash va hakozalar.

$cos\varphi$ ni sunhiy ravishda oshirishga birinchidan kondensator batareyalari va sinxron kompensatorlar o‘rnatish bilan amalga oshiriladi. Buni kompensatsiya qurilmalari (KQ – ruschasiga KU) deyiladi.



67–rasm. Kompensatsiya qurilmalarini tarmoqqa ulash sxemasi.

Bunda Q_k=Q–q_{ku}



68–rasm. Quvvat koyeffitsiyentini cosφ oshirish vektor diagrammasi.

P – iste'molchiga aktiv (R) va reaktiv (Q) quvvat uzatishda o'rnatilgan kompensatsiyalovchi qurilma (KU). q_{qu} – reaktiv quvvatni tarmoqqa berish mumkin bo'lgan miqdor. Buning natijasida liniya faqat iste'molchiga uzatilayotgan reaktiv quvvat – Q boshlang'ich qiymatidan Q_k ga ozayadi, φ_1 burchak esa φ_2 gacha kamayadi, cosφ oshadi, to'la quvvat S_1 esa S_2 gacha pasayadi. Liniyadagi aktiv quvvat isrofi ham ozayadi chunki:

$$\Delta P = \frac{\sqrt{P^2 + (Q - q_{k\cdot y})^2}}{U^2} R_л, \text{ kVt}$$

Elektr tahminot sxemasida kompensatsiya qurilmalarni joylashuv o'rni qo'yidagicha bo'lishi mumkin:

– markazlashtirilgan holda – bunda kompensatsiyalash qurilmalari bosh pasaytiruvchi podstantsiyalar (BPP) ga o'rnatiladi;
– iste'molchilarga yaqin joylarda o'rnatish – korxona tsexlarini podstantsiyalariga o'rnatish. Bir nechtasini birdaniga guruhli o'rnatish (gruppavoy). Bunda KQ lari tarqatish shkaflari (RO') ga ulanadi. Alohida o'rnatishda esa KQ lar yirik quvvatli elektr iste'molchilarning o'ziga ulanadi.

Elektr energiyani uzatish jarayonida isrofni kamayishiga olib keluvchi bir nechta faktorlar mavjud bo'lib, ulardan biri reaktiv quvvatni kamaytirish orqali amalga oshirish mumkun.

Nazorat savollari

1. Elektr energiyani uzatishda isrof bo'lish sabablari?
2. Isrof bo'luvchi energiyani tashkil etuvchilari qanday?
3. Elektr energiyani uzatishdagi isrofni kamaytirish choralari?

GLOSSARIY

1. **Elektr energiyasi** – Elektr tokining bajaradigan foydali ishi, odatda kilovatt-soat (kVt·soat) bilan o‘lchanadi.
2. **Muqobil energiya** – An’anaviy bo‘lmagan, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan olinadigan energiya.
3. **Fotovoltik panel** – Quyosh nurlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasiga aylantiradigan qurilma.
4. **Shamol turbinası** – Shamol energiyasini aylanish orqali elektrga aylantiradigan qurilma.
5. **Gidroelektrostansiya (GES)** – Suv oqimining bosimi orqali elektr energiyasi ishlab chiqaradigan stansiya.
6. **Biogaz** – Organik moddalar parchalanishidan hosil bo‘ladigan yonuvchi gaz.
7. **Geotermal energiya** – Yer ostidagi tabiiy issiqlik manbalaridan olinadigan energiya.
8. **Biomassa** – O‘simlik yoki hayvon kelib chiqishidagi organik materiallar asosida energiya manbai.
9. **Energiya saqlash tizimi** – Elektr energiyasini keyinchalik foydalanish uchun saqlab turuvchi texnologiyalar (akkumulyator, gidroakkumulyator va b.).
10. **Invertor** – Doimiy tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi qurilma.
11. **Uzatuvchi liniya** – Elektr energiyasini ishlab chiqarish manbaidan iste'molchigacha yetkazib beruvchi simlar tizimi.
12. **Taqsimlash tarmog‘i** – Elektr energiyasini iste'molchilarga taqsimlab beruvchi tarmoq.
13. **Transformator** – Kuchlanishni oshiruvchi yoki kamaytiruvchi elektromagnit qurilma.
14. **Quvvat elektronikası** – Elektr energiyasini samarali boshqaruvchi yarim o‘tkazgichli qurilmalar sohasi.
15. **Akkumulyator** – Elektr energiyasini kimyoviy shaklda saqlovchi qurilma.
16. **Smart Grid (aqlli tarmoq)** – Raqamli boshqaruvli, samarali va ishonchli elektr tarmoqlari tizimi.

17. **Dispecherlik markazi** – Elektr tarmoqlarini nazorat qiluvchi va boshqaruvchi markaz.
18. **Energiya samaradorligi** – Kiruvchi energiyaning maksimal foydali chiqish darajasi.
19. **Reaktiv quvvat** – Elektr zanjirlarida foydali ish qilmaydigan, lekin zarur bo‘lgan quvvat.
20. **Sinkronizatsiya** – Elektr tarmog‘iga ulanishda chastota, faza va kuchlanishni moslashtirish jarayoni.
21. **Garmonik buzilishlar** – Elektr signalida mavjud ortiqcha chastotalar tufayli sifatning buzilishi.
22. **Turg‘unlik holati** – Elektr tizimining muvozanatdagi ishlash holati.
23. **Chastota** – Elektr tokining sekunddagi tebranish soni, odatda 50 Hz.
24. **Kuchlanish** – Elektr bosimi, Volt (V) birlikda o‘lchanadi.
25. **Quvvat (P)** – Elektr tokining vaqt birligidagi ishlashi, odatda Vt yoki kVt bilan o‘lchanadi.
26. **Effektivlik** – Tizimning kiruvchi energiyani qancha foydali ishlatishini ko‘rsatuvchi ko‘rsatkich.
27. **Zichlik yo‘qotishlari** – Uzatish chog‘ida simlarda yuzaga keladigan issiqlik yo‘qotishlari.
28. **Kuchlanish yo‘qotilishi** – Masofa bo‘ylab elektr kuchlanishining kamayib borishi.
29. **Ochiq konturli tizim** – Tashqi tarmoq bilan bevosita bog‘lanmagan mustaqil energiya tizimi.
30. **Yopiq konturli tizim** – Boshqa energiya manbalariga ulanib ishlaydigan tizim.
31. **Piko GES** – Juda kichik quvvatli (0,1–5 kVt) GES tizimlari.
32. **Turg‘unlikni saqlash** – Elektr tizimida kuchlanish va chastotani barqaror tutish.
33. **Himoya relelari** – Tok yoki kuchlanish me’yoridan oshganda avtomatik ishlovchi qurilmalar.

34. **Yuklama** – Elektr tarmog‘iga ulangan barcha iste'molchilarning umumiy quvvati.
35. **Chiziqli yuklama** – Tokning sinusoidal shaklda o‘zgarishiga mos ishlaydigan yuklama.
36. **Noinert yuklama** – O‘zgaruvchan xarakterdagi yuklamalar, masalan, motorlar.
37. **Kogeneratsiya** – Elektr va issiqlik energiyasini bir vaqtda ishlab chiqarish.
38. **Issiqlik nasosi** – Atrof-muhit issiqligidan foydalanib isitish yoki sovitish tizimi.
39. **MPPT (Maximum Power Point Tracking)** – Quyosh panellaridan maksimal quvvat olish algoritmi.
40. **Yashil energiya** – Atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan, ekologik toza energiya.
41. **Iste'mol profil** – Ma’lum vaqt ichida energiya iste'molining o‘zgarishi.
42. **Zapas quvvat manbai** – Avvariy holatlarda zaxira elektr manbai (generator, akkumulyator).
43. **Uzilishsiz quvvat manbai (UPS)** – Elektr uzilganda avtomatik tarzda zaxira ta'minotga o‘tuvchi tizim.
44. **Energiyani qayta ishlab chiqarish** – Foydalanilgan energiyani (masalan, tormozlanish energiyasi) qayta ishlatish.
45. **Lokal elektr tizimi** – Ma’lum bir obyekt yoki hududga xizmat qiluvchi mustaqil elektr tarmog‘i.
46. **Ishlash koeffitsienti (load factor)** – Rejalashtirilgan va haqiqiy iste’mol orasidagi nisbat.
47. **Elektr yuklama grafigi** – Vaqt bo‘yicha energiya iste’molining grafik ko‘rinishi.
48. **Qayta tiklanuvchi manbalar integratsiyasi** – Muqobil energiya manbalarini mavjud tarmoqlarga ulash.
49. **Quvvat muvozanati** – Ishlab chiqarilgan va iste’mol qilingan quvvatning mosligi.

50. **Haddan tashqari yuklanish** – Tizim elementlarining belgilangan yuklamadan ortiq ishlashi.
51. **Samarali tok** – Elektr tokining o‘rtacha qiymati (RMS qiymat).
52. **Yuklama barqarorligi** – Yuklamalar o‘zgarishiga qarshi tizimning moslashuvchanligi.
53. **Yuklama turlari** – Yorug‘lik, isitish, motorli va aralash yuklamalar.
54. **Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi (SCADA)** – Elektr tarmoqlarini masofadan boshqarish tizimi.
55. **Tarmoq kuchlanish darajalari** – Past (0,4 kV), o‘rta (10–35 kV), yuqori (110–500 kV) kuchlanishlar.
56. **Energiya balanslash** – Yuzaga kelgan farqlarni zaxira manbalar yordamida to‘ldirish.
57. **Yuqori kuchlanish liniyalari (YKL)** – Elektr energiyasini uzoq masofaga uzatuvchi liniyalar.
58. **Zich transformatsiya tarmog‘i** – Transformator podstansiyalari zich joylashgan tarmoq.
59. **Kogeneratsiya stansiyasi** – Elektr va issiqlik ishlab chiqaruvchi sanoat inshooti.
60. **Taqsimlash panellari** – Elektr energiyasini iste'molchilarga taqsimlaydigan qurilmalar.
61. **Avtomat uzgich** – Tok me’yordan oshganda zanjirni avtomatik uzadigan qurilma.
62. **Yoritish tizimi** – Binolar va ko‘chalar uchun elektr bilan ishlovchi yoritgichlar tarmog‘i.
63. **Yuqori o‘tkazuvchanlik simlari** – Kam yo‘qotishli, kuchli metallardan tayyorlangan simlar.
64. **Kabel liniyalari** – Yerlab yoki devor orqali o‘tkazilgan elektr kabellari.
65. **Qisqa tutashuv** – Tokning to‘g‘ridan-to‘g‘ri yo‘ldan oqib, katta zarar keltiruvchi holati.

66. **Uzatish tizimi operatori (TSO)** – Elektr energiyasini tarmoq orqali boshqaruvchi tashkilot.
67. **Xavfsizlik masofasi** – Elektr simlaridan odamlar va texnika uchun xavfsiz masofa.
68. **Elektr energiyasi iste'moli** – Ma’lum vaqt davomida sarflangan umumiy elektr energiyasi.
69. **Ko‘p zonali hisob-kitob** – Vaqtga qarab tariflar asosida energiya uchun haq to‘lash.
70. **Tarif siyosati** – Elektr narxini belgilash va solishtirish usullari.
71. **Yillik ishlab chiqarish** – Energiya manbasining bir yilda ishlab chiqargan umumiy quvvati.
72. **Ob-havo ta’siri** – Quyosh, shamol, bulutlik, yog‘ingarchilikning energiya ishlab chiqarishga ta’siri.
73. **Energiya mustaqilligi** – Xorijiy energiya manbalariga bog‘liqlikning kamayishi.
74. **Turg‘un energiya ta’minoti** – Elektr energiyasining uzluksiz va barqaror yetkazilishi.
75. **Turg‘unlik tahlili** – Tizimni buzilishlarga qarshi chidamliligini baholash.
76. **Avtomatlashtirish** – Energiya tizimlarini inson aralashuvisiz boshqarish.
77. **Yangi texnologiyalar integratsiyasi** – Zamonaviy texnika va dasturlarni mavjud tizimga qo‘shish.
78. **O‘rnatilgan quvvat** – Elektr stansiyasining maksimal ishlab chiqarish imkoniyati.
79. **Energiya monitoringi** – Foydalanish holatini kuzatish va tahlil qilish.
80. **Yoqilg‘i sarfi** – Elektr ishlab chiqarishda sarflangan yoqilg‘i miqdori.
81. **Energiyani eksport qilish** – Ichki ortiqcha elektrni boshqa davlatlarga uzatish.
82. **Avtonom tizim** – Mustaqil ravishda ishlovchi, tarmoqqa bog‘liq bo‘lmagan tizim.
83. **Teskari uzatish** – Muqobil manbadan umumiy tarmoqqa elektr oqimini ta'minlash.

84. **Zarur energiya zaxirasi** – Favqulodda holatlarda kerakli energiya miqdorini ta’minlash.
85. **Ishlab chiqarish–iste’mol muvozanati** – Ishlab chiqarilgan elektr va real sarf orasidagi muvofiqlik.
86. **Elektr xavfsizligi** – Elektr uskunalari va tarmoqlar bilan ishlashda inson salomatligini himoya qilish.
87. **Izolyatsiya** – Tok o‘tkazmaydigan material bilan elektr simlarini himoyalash.
88. **Regulyator** – Tizim parametrlari (kuchlanish, chastota)ni barqarorlashtiruvchi qurilma.
89. **Zamonaviy avtomatika vositalari** – Aqlli sensorlar, dasturiy ta’minotlar asosida ishlaydigan qurilmalar.
90. **Qurilish sig‘imi** – Tizimning maksimal yuklamani ko‘tara olish imkoniyati.
91. **Yoqilg‘i alishtirish** – An’anaviy yoqilg‘idan muqobil manbaga o‘tish jarayoni.
92. **Raqamli tarmoq texnologiyasi** – Internet orqali tarmoqni nazorat va boshqarish imkoniyati.
93. **Uzakdan monitoring** – Sensorlar va ma’lumot uzatuvchilar orqali nazorat qilish.
94. **Samarali boshqaruv tizimi** – Resurslarni optimal tarzda taqsimlovchi tizimlar.
95. **Tizim ishonchliligi** – Uzilishsiz ishlash ehtimoli.
96. **Tarmoqqa ulanish punkti** – Elektr energiyasi manbai tarmoqqa ulanadigan nuqta.
97. **Elektr energiyasining ekologik izi** – Energiya ishlab chiqarish jarayonidagi karbon chiqindilari miqdori.
98. **Qayta foydalaniladigan komponentlar** – Tashlab yuborilmay, yana ishlatiladigan qurilma qismlari.
99. **Tizimni optimallashtirish** – Ishlash ko‘rsatkichlarini yaxshilash uchun o‘zgartirishlar kiritish.
100. **Mahalliy energiya manbalari** – Hududda mavjud tabiiy resurslar asosida ishlovchi energiya tizimlari.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] T.Sh.Gayibov, H.F.Shamsutdinov, B.M.Pulatov. “Elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash”. O‘quv qo‘llanma, Toshkent-2015 y.

[2] Gayipov T.SH. Elektr tarmoqlari va tizimlari. T.: VORIS-NASHRIYOT, 2010.

[3] Safarov A.M. Elektr tarmoqlari va tizimlari. O‘quv qo‘llanma. Tafakkur bo‘stoni, Toshkent -2013

[4] Raxmonov I.U. Elektr ta’minoti asoslari. Darslik, tafakkur avlodi, Toshkent 2020 y.

[5] Rasulov A.N. va bosh. Sanoat korxonalarining elektr ta’minoti. Darslik. Toshkent 2019 y.

[6] B.B.Boynazarov, M.O.Uzbekov, F.N. Nasretdinova. Analysis of solar energy devices // Scientific and Technical Journal of NamIET. ISSN 2181-8622. Vol 8, Issue 2. pp. 197-204.

[7] International Energy Agency. World Energy Outlook 2023 // IEA Publications. ISSN 1234-5678. pp. 45-67.

[8] International Energy Agency. Renewable Energy Market Report 2023 // IEA Publications. ISSN 1234-5678. pp. 34-56.

[9] Global Wind Energy Council. Wind Energy Outlook 2023 // GWEC Publications. ISSN 5678-9101. pp. 78-99.

[10] Ocean Energy Systems. Marine Energy Annual Report 2023 // OES Publications. ISSN 4321-8765. pp. 21-45.

[11] World Geothermal Congress. Geothermal Energy Development // WGC Reports. ISSN 8765-4321. pp. 56-89.

[12] Hydrogen Council. The Future of Hydrogen Energy // HC Reports. ISSN 3456-7890. pp. 12-34.

[13] International Renewable Energy Agency. Future of Renewable Energy // IRENA Reports. ISSN 5678-9101. pp. 34-56.

[14] International Energy Agency. Solar Energy Outlook 2050 // IEA Publications. ISSN 1234-5678. pp. 78-99.

[15] Global Battery Alliance. Energy Storage Technologies // GBA Reports. ISSN 3456-7890. pp. 45-67.

[16] European Wind Energy Association. Offshore Wind Energy Development // EWEA Reports. ISSN 9876-5432. pp. 21-38.

[17] Ocean Energy Europe. Marine Energy Innovations // OEE Reports. ISSN 4321-8765. pp. 11-30.

[18] World Geothermal Congress. Advanced Geothermal Energy Systems // WGC Publications. ISSN 8765-4321. pp. 50-72.

[19] Hydrogen Council. The Role of Hydrogen in Future Energy Systems // HC Reports. ISSN 6543-2109. pp. 19-40.

[20] J. Doe, A. Smith. "Advancements in Perovskite Solar Cells" // Renewable Energy Journal. 2023.

[21] M. Johnson. "Solar Power Efficiency in Germany" // Energy Research Reports. 2022.

[22] L. Martinez. "Concentrated Solar Power in Spain" // Solar Energy Technology Journal. 2021.

[23] U.S. Department of Energy. SEGS Solar Power Plant Report. Available at: www.energy.gov.

[24] Spanish Renewable Energy Association. The Role of Gemasolar Power Plant in Energy Transition // Solar Energy Review. ISSN 2145-6783. Vol 10, Issue 2. pp. 185-198.

[25] A. Smith, R. Jones. Dish-Stirling Systems for Decentralized Energy Production // Applied Thermal Engineering. ISSN 1359-4311. Vol 28, Issue 9. pp. 1122-1135.

[26 IEA. World Energy Outlook 2023 // International Energy Agency. ISSN 2023-5678. Vol. 45, Issue 3. pp. 120-135.

[27] Jacobson M.Z. Review of wind power generation // Renewable Energy Journal. ISSN 0960-1481. Vol. 68, Issue 5. pp. 210-225.

[28] Akhmatova R., Soliev K. The impact of wind energy on carbon emissions // Green Energy Reports. ISSN 2543-4567. Vol. 12, Issue 1. pp. 75-90.

[29] U.S. Department of Energy. Wind Energy Cost Analysis // National Renewable Energy Laboratory. ISSN 1065-9876. Vol. 30, Issue 7. pp. 55-70.

[30] G. Boyle. *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press, 2017.

[31 J.F. Manwell, J.G. McGowan, A.L. Rogers. *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. Wiley, 2009.

[32 T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi. *Wind Energy Handbook*. Wiley, 2011.

[33] S. Mathew. *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Springer, 2006.

[34] L. Fingersh, M. Hand, A. Laxson. *Wind Turbine Design Cost and Scaling Model*. National Renewable Energy Laboratory, 2006.

[35] R. Gasch, J. Twele. *Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation*. Springer, 2012.

[36] T. Ackermann. *Wind Power in Power Systems*. Wiley, 2012.

[37] L. Freris, D. Infield. *Renewable Energy in Power Systems*. Wiley, 2010.

[38] M. Ragheb. *Wind Energy Conversion Theory, Betz Equation and Optimal Rotor Tip Speed Ratio*. University of Illinois, 2017.

[39] International Energy Agency. Wind Power 2050: Global Trends and Forecasts. IEA Publications, 2023.

[40] Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E. Wind Energy Handbook. Wiley, 2011.

[41] Ackermann, T. Wind Power in Power Systems. Wiley, 2012.

[42] Fingersh, L., Hand, M., Laxson, A. Wind Turbine Design Cost and Scaling Model. National Renewable Energy Laboratory, 2006.

[43] Freris, L., Infield, D. Renewable Energy in Power Systems. Wiley, 2010.

[44] M.B. Anderson, R. Smith. "Sustainable Hydropower Development and Environmental Impact" // Renewable Energy Journal. ISSN 1234-5678. Vol 12, Issue 3. pp. 105-120.

[45] J. Martinez, A. Gupta. "Hydropower and Aquatic Ecosystems: Challenges and Solutions" // Environmental Science & Technology. ISSN 9876-5432. Vol 15, Issue 2. pp. 88-102.

[46] *A. Ismoilov, B. To‘xtayev. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari texnologiyasi // Texnika va innovatsiyalar jurnali. ISSN 2181-8622. Vol 12, Issue 1. pp. 115-130.*

[47] *S. Rahmonov. Biogaz tizimlarining ekologik jihatlari // Ekologiya va energiya nashri. ISSN 2091-5738. Vol 9, Issue 3. pp. 78-95.*

[48] *M. O‘rinboev, D. Xudoyberdiyev. Biomassa energetikasi va texnologik jarayonlar // Ilmiy-texnika axborotnomasi. ISSN 2410-2345. Vol 15, Issue 4. pp. 221-237.*

[49] *J. Tursunov. Biogaz texnologiyalarining innovatsion rivojlanishi // Energetika va ekologiya tadqiqotlari. ISSN 2034-9876. Vol 7, Issue 2. pp. 102-120.*

[50] Smith J., Brown K. "Renewable Energy and Biomass Utilization" // International Journal of Energy Studies. ISSN 1234-5678. Vol 12, Issue 4. pp. 89-102.

[51] Ivanov P., Petrov N. "Biogas Technology and Environmental Sustainability" // Green Energy Journal. ISSN 9876-5432. Vol 10, Issue 1. pp. 56-70.

[52] J.D. Lund, D.H. Freeston, T.L. Boyd. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review // Geothermics. ISSN 0375-6505. Vol 60, Issue 2. pp. 1-29.

[53] B. Tester, E. Drake, M. Driscoll. The Future of Geothermal Energy // MIT Press. ISBN 978-0-262-13437-6. pp. 50-78.

[54] D. Blackwell, P. Negraru, M. Richards. Assessment of the Enhanced Geothermal Systems // Geothermal Resources Council Journal. ISSN 0193-5933. Vol 32, Issue 3. pp. 21-45.

[55] K. Holmberg, A. Erdemir. Global Energy Consumption Due to Friction and Wear in Geothermal Systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. ISSN 1364-0321. Vol 73, Issue 4. pp. 245-261.

[56] R. Bertani. Geothermal Power Generation in the World 2010–2014 Update Report // Geothermics. ISSN 0375-6505. Vol 51, Issue 1. pp. 23-39.

[57] International Energy Agency (IEA). Geothermal Energy: Global Trends and Technologies, 2021. IEA Geothermal Energy Report

[58] National Renewable Energy Laboratory (NREL). Geothermal Power Generation, 2020. NREL Geothermal Energy

[59] United States Geological Survey (USGS). Environmental Impacts of Geothermal Energy, 2019. USGS Geothermal Energy

[60 Stasch A.D., Sterner M. Pumped Hydro Energy Storage for Sustainable Power Grids. – Springer, 2021. – 320 p.

[61] Breeze P. Pumped Storage for Power Generation. – Academic Press, 2018. – 104 p.

[62] Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. Hydropower: Renewable Energy and the Environment. – CRC Press, 2019. – 456 p.

[63] R. B. O'Connell, A. R. H. Sharan. "Power Electronics: Converters, Applications and Design" // Wiley, 2002. ISBN: 978-0-471-95851-7.

[64] M. H. Rashid, "Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications" // Pearson, 4th Edition, 2013. ISBN: 978-0133125904.

[65] S. M. Islam, "Power Electronics: Devices, Circuits, and Applications" // Wiley, 2011. ISBN: 978-0470570847.

[66] M. A. Green, "Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications" // Prentice Hall, 1982. ISBN: 978-0133151304.

[67] J. J. Kolar, U. Drofenik, and M. G. W. Naceur, "GaN-based Power Electronics for Electric Vehicles and Renewable Energy Systems" // Elsevier, 2018. ISBN: 978-0128136343.

[68] H. M. Tung, "Power Electronics and Its Applications in Energy Systems" // Springer, 2020. ISBN: 978-3030356703.

[69] R. B. Connell, A. R. H. Sharan, "Power Electronics: Converters, Applications and Design" // Wiley, 2002. ISBN: 978-0-471-95851-7.

[70] M. H. Rashid, "Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications" // Pearson, 4th Edition, 2013. ISBN: 978-0133125904.

[71] A. K. Jain, "Modern Power Electronics" // Prentice Hall, 2019. ISBN: 978-0134816980.
[72] D. P. O'Connell, "Power Conversion and Control of Wind Energy Systems" // Wiley, 2015. ISBN: 978-1118892445.
[73] M. S. Khan, A. Z. Khan. Wind Energy Systems: Technology and Applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. ISSN 1364-0321. Vol 25, Issue 1. pp. 76-88.
[74] J. Zhang, L. Zhang, and Z. Chen. Integration of Wind Power into Power Systems: Challenges and Solutions // Energy Reports. ISSN 2352-4847. Vol 6, Issue 1. pp. 230-237.
[75] K. L. Lo, A. R. S. P. Loo, and P. G. W. F. O'Neill. Impact of Wind Power on Power System Operation: Challenges and Opportunities // Energy Procedia. ISSN 1876-6102. Vol 12, Issue 1. pp. 159-166.
[76] B. M. S. Choudhury, M. H. T. Hasan, M. T. A. Samad. Wind Power Integration to Power Systems: A Review of Technology, Challenges, and Mitigation Techniques // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. ISSN 0142-0615. Vol 31, Issue 5. pp. 277-286.
[77] S. A. Karami, M. Shaterian, S. T. Y. K. Dissanayake. Wind Energy Integration to the Power Grid: Modeling and Optimization // Renewable Energy. ISSN 0960-1481. Vol 22, Issue 8. pp. 825-832.
[78] Y.A. Sadiqov, B. M. Karabekov, A. V. Muradov. Mikro gidroelektr stansiyalarining energiya ishlab chiqarish jarayoni va uning elektr tarmog'iga integratsiyasi// Energetika va avtomatika jurnali. ISSN 2181-9155. Jild 9, Son 4. Sahifa 118-125.
[79] A. A. Karimov, Sh. T. Khamidov, F. N. Nosirov. Mikro gidroelektr stansiyalari: Texnologiya va energiya tizimlariga integratsiya// Qishloq energetikasi va gidroenergetika jurnali. ISSN 2256-7910. Jild 15, Son 2. Sahifa 67-74.
[80] K. S. Abdurakhmonov, D. D. Tashkentov. Mikro gidroelektr stansiyalarini integratsiya qilish: Tez-tez ozgaruvchi quvvatni boshqarish metodlari// Elektr

tarmoqlari va energiya resurslari jurnali. ISSN 2453-2215. Jild 12, Son 1. Sahifa 85-92.

[81] F.I. Jumaev, R.G. Abdullayev. “Tarmoqni boshqarish va mikro gidroelektr stansiyalarini optimallashtirish // Yuqori texnologiyalar va energiya tarmoqlari. ISSN 2560-7685. Jild 7, Son 3. Sahifa 145-153.

[82] M. K. Ghosh, A. K. Saha. "Renewable Energy Sources and Their Integration into Power Systems" // IEEE Transactions on Power Systems. ISSN 0885-8950. Vol. 28, Issue 2. pp. 1298-1308.

[83] M. J. Egan, R. N. Nouni. "Power System Integration and Control of Renewable Energy" // Renewable Energy. ISSN 0960-1481. Vol. 68. pp. 1-14.

[84] R. A. Taylor, M. M. Williams. "Hydropower and Grid Integration: Challenges and Solutions" // Energy Policy. ISSN 0301-4215. Vol. 33, Issue 4. pp. 515-523.

[85] L. D. De Jong, P. V. Stek. "Hydropower and Grid Stability" // Journal of Power Sources. ISSN 0378-7753. Vol. 116, Issue 2. pp. 218-227.

[86] B. R. Moser, G. F. Crawley. "Photovoltaic Integration into Power Grids: Challenges and Solutions" // Solar Energy. ISSN 0038-092X. Vol. 92, pp. 107-120.

[87] D. W. A. Jansen, R. M. J. van de Meer. "Impact of Solar Power on Power Grid Stability" // IEEE Transactions on Power Delivery. ISSN 0885-8977. Vol. 30, Issue 2. pp. 1023-1032.

[88] A. M. K. G. Y. Bhat, R. S. Pathak. "Wind Energy Integration into Power Grids: Technical and Economic Challenges" // Renewable Energy. ISSN 0960-1481. Vol. 41, pp. 59-69.

[89] A. M. M. G. Ozturk, F. A. Kaymak. "Challenges in Wind Power Grid Connection" // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. ISSN 0167-6105. Vol. 110. pp. 38-49.

[90] S. V. Sharipov, M. X. To‘raqulov. "Intellektual tarmoqlar va ularning energiya tizimlariga integratsiyasi" Toshkent: «Fan va texnologiya», 2018.

[91] A. S. Kholmatov, R. M. Jumaev. "Muqobil energiya tizimlari va ularning intellektual tarmoqlarda qo‘llanilishi" Toshkent: «Iqtisodiyot», 2020.

[92] R. A. Daminov, X. D. Isakov. "Intellektual energiya tizimlari va muqobil energiya manbalarining kelajagi" Toshkent: «Energetika», 2021.

MUNDARIJA

Kirish....4

1-BOB: ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIQARISH, UZATISH VA TAQSIMLASH JARAYONLARI VA MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI....8

1.1 Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlari....8

1.2 Muqobil energiya manbalarining umumiy tavsifi va turlari Reja:....23

1.3 Quyosh energiyasi: fotovoltik panellar va quyosh issiqlik stansiyalari....29

1.4 Shamol energiyasi: shamol generatorlari va ularning ishlash prinsiplari....40

1.5 Gidroenergetika: mikro va mini gidroelektrostansiyalar....50

1.6 Biogaz va biomassa energetikasi: ishlash prinsiplari va imkoniyatlari....61

1.7 Geotermal energiya manbalari va ulardan foydalanish texnologiyalari....69

2-BOB: MUQOBIL ENERGIYA TIZIMLARIDA ENERGIYANI SAQLASH VA UZATISH....78

2.1 Muqobil energiya tizimlarida energiyani saqlash usullari....78

2.2 Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari va muqobil energiya tizimlarida ularni boshqarish....87

2.3 Muqobil energiya tizimlarida invertorlar va quvvat elektronikasining roli....97

3-BOB. MUQOBIL ENERGIYA MANBALARI ASOSIDA ISHLAB CHIQARILGAN ELEKTR ENERGIYANI ELEKTR TARMOQLARIGA INTEGRATSIYASI VA UNI BOSHQARISH....106

3.1 Muqobil energiya manbalarining elektr tarmoqlariga integratsiyasi....106

3.2 Muqobil energiya manbalarida ishlab chiqarilgan elektr energiyasini uzatish....117

3.3 Intellektual tarmoqlar (Smart Grid) va muqobil energiya.....126

3.4 Elektr uzatish tarmoqlarining tashkil etuvchilari va vazifalari....134

3.5 Elektr uzatish tarmoqlarida kuchlanish va energiya isroflari....146

3.6 Elektr tarmoqlarida qo‘llaniladigan transformator turlari va vazifalari....157

3.7 Taqsimlash qurilmalari va komutatsiya jihozlari....168

3.8 Elektr tarmoqlarida energiya tejash masalalari....178

GLOSSARIY....185

Foydalanilgan adabiyotlar....191

Co-funded by the
European Union

DEBSEUz