Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

GIDROAKKUMULYATSION TIZIMNING MATEMATIK MODELI

A'zamov Saidikrom Saidmurodovich

PhD, dotsent, Andijon Davlat Texnika Instituti.

Azamjonov Omadillo Akramjon o'g'li

Magistrant, Andijon Davlat Texnika Instituti

Annotatsiya: Gidroakkumulyatsion elektr stansiyalarining (GAES) matematik modeli va uning elektroenergetika tizimidagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqotda GAESning ishlash prinsipi, suvning potensial energiyasiga asoslangan energiya saqlash jarayoni hamda turbina va nasos rejimlaridagi quvvat almashinuvi matematik tenglamalar asosida yoritilgan. Shuningdek, gidravlik yo'qotishlar, suv omborlari dinamikasi, suv zarbasi hodisasi va sinxron generatorning elektr modeli ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari GAES tizimlari elektr tarmog'ining barqarorligini oshirish, yuklama grafigini tekislash va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini samarali integratsiya qilishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: Gidroakkumulyatsion elektr stansiya, GAES, megawatt, sinxron mashina, to'lqini tezligi, gidravlik, napor, turbina, suv sathi.

Gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) zamonaviy elektroenergetika tizimida katta hajmli energiyani saqlash va yuklama grafigini tekislash uchun eng samarali texnologiyalardan biri hisoblanadi. Ushbu tizimning ishlash prinsipi oddiy ko'rinsa-da, uning matematik modeli murakkab, ko'p darajali va nolinear xarakterga ega. GAES tizimida elektr energiyasi ortiqcha bo'lgan davrda nasoslar yordamida suv yuqori omborga ko'tariladi va potensial energiya sifatida saqlanadi, yuklama ortgan paytda esa suv pastga oqib turbina orqali generatorni aylantirib, elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Ilmiy tadqiqotlarda GAES tizimlarining samaradorligi odatda 70–85% oralig'ida bo'lishi, quvvat diapazoni esa o'nlab megavattlardan bir necha ming megavattgacha yetishi qayd etilgan. Bu esa uni uzoq muddatli energiya saqlashda eng yetuk texnologiyalardan biri sifatida ajratib turadi.

GAES matematik modelining asosini suvning potensial energiyasi tashkil etadi. Yuqori va pastki omborlar orasidagi balandlik farqi hamda suv hajmi tizimda saqlangan energiyani belgilaydi:

$$E=\rho g H V$$

bu yerda E— energiya (J), ρ— suv zichligi ($\approx 1000\ kg/m^3$), g— erkin tushish tezlanishi ($9.81\ m/s^2$), H— napor (m), V— suv hajmi (m^3). Energiya amaliy hisoblarda kWh da ifodalanadi:

$$E_{kWh}=\frac{\rho g H V}{3.6\times 10^6}$$

Mazkur ifodalar tizimning maksimal energiya sig'imini aniqlaydi, biroq real sharoitda napor va suv hajmi vaqt bo'yicha o'zgaradi. Shu sababli dinamik modelda napor quyidagicha ifodalanadi:

$$H(t)=h_u(t)-h_l(t)-h_{loss}(t)$$

bu yerda $h_u$va $h_l$mos ravishda yuqori va pastki ombor sathlari, h_{loss}esa gidravlik yo'qotishlardir. Demak, energiya ham vaqtga bog'liq bo'ladi:

$$E(t)=\rho g H(t) V(t)$$

Bu holat GAES tizimini nolinear tizim sifatida qarash zarurligini ko'rsatadi.

Gidravlik jarayonlar tizim modelining asosiy qismini tashkil etadi. Suv oqimi va quvvat orasidagi bog'lanish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_h=\rho g Q H$$

bu yerda Q— suv sarfi (m^3/s). Turbina rejimida ishlab chiqariladigan elektr quvvat:

$$P_e=\rho g Q H \eta_t \eta_g$$

nasos rejimida esa talab qilinadigan quvvat:

$$P_{pump}=\frac{\rho g Q H}{\eta_p \eta_m}$$

ko‘rinishida yoziladi. Bu yerda η_t , η_g , η_p , η_m mos ravishda turbina, generator, nasos va motor samaradorliklari hisoblanadi. Ushbu formulalar GAES tizimida energiya aylanish jarayonining asosiy qonuniyatlarini ifodalaydi.

Real gidravlik tizimda ishqalanish yo‘qotishlari muhim rol o‘ynaydi. Ular Darcy–Weisbach formulasi orqali aniqlanadi:

$$h_f=\lambda \frac{L}{D}\frac{v^2}{2g}$$

bu yerda λ— ishqalanish koeffitsienti, L— quvur uzunligi, D— diametri, v— suv tezligi. Suv tezligi esa:

$$v=\frac{Q}{A}, A=\frac{\pi D^2}{4}$$

Natijada foydali napor:

$$H_{net}=H_{gross}-h_f-h_{local}$$

ko‘rinishda aniqlanadi. Bu tenglama gidravlik yo‘qotishlar hisobga olinmagan holatda tizim samaradorligini noto‘g‘ri baholash mumkinligini ko‘rsatadi.

GAES tizimida suv zarbasi (water hammer) hodisasi ham muhim hisoblanadi. Suv oqimi keskin o‘zgarganda bosim to‘lqini yuzaga keladi:

$$\Delta p=\rho a \Delta v$$

bu yerda a— bosim to‘lqini tezligi, Δv— tezlik o‘zgarishi. Bu hodisa tizim xavfsizligi uchun juda muhim, chunki katta bosim sakrashlari quvurlarni shikastlashi mumkin.

Generatorning elektr modeli esa sinxron mashina tenglamalari orqali ifodalanadi. Aktiv quvvat:

$$P_e=\frac{EV}{X_s}\sin f_0\delta$$

Rotor burchagi dinamikasi:

$$\frac{d\delta}{dt}=\omega-\omega_s$$

hamda swing tenglama:

$$M\frac{d^2\delta}{dt^2}=P_m-P_e-D\frac{d\delta}{dt}$$

GAESning tarmoq barqarorligiga ta’sirini aniqlashda asosiy rol o‘ynaydi.

Gidroakkumulyatsion tizimning matematik modeli ko‘p komponentli va murakkab bo‘lib, gidravlik, mexanik, elektr va boshqaruv jarayonlarini birlashtiradi. Ushbu model yordamida GAES tizimining energiya sig‘imi, samaradorligi, barqarorligi va tarmoq bilan o‘zaro ta’siri chuqur tahlil qilinadi. Zamonaviy tadqiqotlarda bu modellarga optimallashtirish va sun’iy intellekt usullari qo‘shilib, tizim samaradorligini yanada oshirishga erishilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘hati.

1. Yang, W., Yang, J., et al. “Mathematical Modelling of Pumped Storage Hydropower Systems” *Energies Journal, 2015.*
2. Zhou, J., Xu, B., et al. “Dynamic Modeling and Control of Pumped Storage Power Station” *Renewable Energy Journal.*
3. Grainger, J.J., Stevenson, W.D. *Power System Analysis*
4.“Гидросиловые установки. Описательный курс” (tahrir: Золотарев)
5. Резниковский А.Ш. – “Регулирование стока и режимы водохранилищ”