

GIBRID ENERGIYA TA'MINOTLI NASOS QURILMASI ELEKTR YURITMASINI ENERGIYA TEJAMKOR BOSHQARISH

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23263058>

Zoirov Axror abdikodir o'g'li
Quvvatov Ulug'bek Jalolovich
Ro'ziyev Muzaffar Ortiq o'g'li
Hamdamova Malika A'zam qizi

Annotatsiya

Maqolada quyosh batareyalari va elektr tarmog'i birgalikda ishlaydigan nasos qurilmasining elektr yuritmasini boshqarish masalalari ko'rib chiqilgan. Markazdan qochma nasosning ish rejimlarini chastota o'zgartirgich yordamida rostlash orqali elektr energiyasini tejash imkoniyatlari tahlil qilingan hamda boshqarish algoritmining umumiy ko'rinishi taklif etilgan.

Respublikamizda qishloq xo'jaligi, ayniqsa sug'orish tizimlari elektr energiyasining eng yirik iste'molchilaridan biri hisoblanadi. Nasos stansiyalari, quduqlar va suv ko'taruvchi qurilmalar yil davomida, ko'pincha uzluksiz ishlaydi, shu sababli ularning elektr xarajatlari xo'jaliklar byudjetida katta o'rin egallaydi. Bundan tashqari, olis hududlarda tarmoq quvvati yetarli bo'lmaydi yoki uzilishlar tez-tez uchrab turadi.

Shunday sharoitda gibrid energiya ta'minotidan foydalanish tabiiy yechim bo'lib ko'rinadi. Mamlakatimizda quyoshli kunlar soni yiliga 300 tadan oshadi va aynan sug'orish mavsumida, ya'ni yoz oylarida suvga bo'lgan ehtiyoj ham, quyosh nurlanishi ham eng yuqori bo'ladi. Bu holat quyosh energiyasi va nasos yuklamasining vaqt bo'yicha bir-biriga mos kelishini bildiradi. Biroq, faqat quyosh panellarini ulab qo'yishning o'zi yetarli emas: yuritma to'g'ri boshqarilmasa, ishlab chiqarilgan energiyaning bir qismi behuda sarflanadi, nasos esa nomaqbul rejimlarda ishlab, tezroq yeyiladi.

Ko'rib chiqilayotgan qurilma bir necha asosiy qismdan iborat. Birinchisi - quyosh fotoelektrik batareyalari, ikkinchisi - uch fazali elektr tarmog'i, uchinchisi - asinxron elektr dvigatel va unga ulangan markazdan qochma nasos. Ularni o'zaro bog'lab turuvchi element - chastota o'zgartirgich (inverter). Kerak bo'lganda tizimga akkumulyator batareyasi yoki zaxira dizel generator ham qo'shilishi mumkin, ammo suv ko'tarish vazifasida suvning o'zi ham energiya omboriga aylanadi: kunduzi ortiqcha quvvat hisobiga suvni yuqori idishga yoki suv

minorasiga haydab qo'yish akkumulyatoridan arzonroq va ishonchliroq usul bo'ladi.

Tizimning o'ziga xosligi shundaki, quyosh panellaridan olinadigan quvvat o'zgarmas emas. U nurlanish darajasiga, havo haroratiga va bulutlarga bog'liq holda kun davomida uzluksiz o'zgarib turadi. Nasos esa aniq bir bosim va sarfni ta'minlashi kerak. Shuning uchun boshqarish tizimi ikki vazifani birdaniga hal qilishi lozim: mavjud quyosh quvvatidan maksimal foydalanish va iste'molchini suv bilan uzluksiz ta'minlash.

Markazdan qochma nasoslar uchun o'xshashlik qonunlari ma'lum. Ularga ko'ra, nasosning sarfi aylanish chastotasiga to'g'ri proporsional, napor chastotaning kvadratiga, iste'mol qilinadigan quvvat esa kubiga proporsional o'zgaradi:

$$Q_2/Q_1 = n_2/n_1; \quad H_2/H_1 = (n_2/n_1)^2; \quad P_2/P_1 = (n_2/n_1)^3.$$

Bu munosabatlarning amaliy ma'nosi juda muhim. Masalan, aylanish chastotasini nominalning 80 foiziga tushirsak, sarf ham 80 foizga kamayadi, lekin iste'mol qilinadigan quvvat $0,8^3 \approx 0,51$, ya'ni taxminan yarmiga tushadi. Eski usulda esa suv sarfini surgich (zadvijka) yordamida bo'g'ib rostlashadi. Bunda dvigatel deyarli to'la quvvat bilan ishlayveradi, ortiqcha energiya esa quvur va armaturada issiqlikka aylanib ketadi. Chastotali rostlash bu yo'qotishlarni asosan yo'q qiladi va amaliyotda yuklama grafigiga qarab 20–50 foiz atrofida energiya tejash mumkinligi ko'plab tadqiqotlarda ko'rsatilgan.

Gibrid ta'minotda bu afzallik yana bir ma'no kasb etadi. Quyosh quvvati kamaygan paytda nasosni to'xtatib qo'yish o'rniga, uning chastotasini pasaytirib ishlashda davom ettirish mumkin. Quvvat kub qonuni bo'yicha kamayganligi sababli, quyosh batareyalari hatto yarim quvvat bergan paytda ham nasos suv bera oladi, garchi sarf kamroq bo'lsa-da. Tarmoqdan olinadigan energiya esa shu bilan bir vaqtda sezilarli qisqaradi.

Yuritmani boshqarishda odatda ikki xil yondashuv qo'llanadi: skalyar ($U/f = \text{const}$) va vektor boshqarish. Nasos yuklamasi ventilyator xarakteriga yaqin, ya'ni moment tezlik kvadratiga bog'liq bo'lgani uchun oddiy skalyar usul ko'p hollarda yetarli aniqlikni beradi va ancha arzon. Dinamik jarayonlar muhim bo'lgan, masalan quvurda gidravlik zarbalarni cheklash zarur bo'lgan joylarda vektor boshqarish yaxshiroq natija beradi. Ishga tushirish va to'xtatishda chastotani sekin o'zgartirish dvigatel chulg'amlarini ham, quvur tizimini ham ortiqcha zo'riqishlardan asraydi.

Quyosh batareyalaridan maksimal quvvat olish uchun invertor kirishida MPPT (maksimal quvvat nuqtasini kuzatish) algoritmi ishlaydi. Eng keng tarqalgani «bezovta qilish va kuzatish» usuli bo'lib, u ish nuqtasini kichik qadamlar bilan o'zgartirib, quvvat oshayotgan tomonga siljiydi. Nasos yuritmasida MPPT

natijasi bevosita chastota topshirig'iga aylanadi: nurlanish oshsa, chastota ko'tariladi, kamaysa pasayadi.

Umumiy boshqarish algoritmini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Birinchi ustuvorlik quyosh energiyasiga beriladi. Agar quyosh quvvati nasosning talab qilingan rejimi uchun yetarli bo'lsa, yuritma faqat panellardan ta'minlanadi. Quvvat yetishmasa, nasos chastotasi suv iste'molchisining minimal talabiga qadar kamaytiriladi. Agar bu ham yetarli bo'lmasa, yetishmayotgan qism tarmoqdan qo'shiladi. Quvvur oxiridagi bosim datchigi signali PI-rostlagichga uzatiladi, rostlagich esa kerakli bosimni ushlab turish uchun chastota topshirig'ini tuzatadi. Kechqurun yoki tunda, quyosh bo'lmaganda, tizim to'liq tarmoqqa o'tadi, shu bilan birga arzon tarif soatlariga mos holda zaxira idishni to'ldirish rejalashtirilishi mumkin.

Amaliyotda bir qancha masalalarga alohida e'tibor berish kerak. Birinchidan, nasos chastotasini haddan tashqari pasaytirib bo'lmaydi: past tezlikda napor suvni balandlikka ko'tarish uchun yetmay qoladi, nasos «quruq» yoki zararli rejimga tushishi mumkin. Shuning uchun minimal chastota (odatda nominalning 30–40 foizi) chegarasi o'rnatiladi. Ikkinchidan, invertor yuqori garmonikalar hosil qiladi, bu esa dvigatel qizishiga va tarmoq sifatining yomonlashishiga olib keladi; chiqish drosseli yoki sinus filtrlardan foydalanish maqsadga muvofiq. Uchinchidan, yurituvchi dvigatelning samaradorligi ham hisobga olinishi kerak, chunki yuqori FIK sinfidagi dvigatel qo'shimcha tejamkorlik beradi.

Zamonaviy yuritmalar masofadan nazorat qilish imkonini ham beradi. Chastota o'zgartirgichning aloqa interfeysi orqali dispetcherga quvvat, tok, chastota, bosim va energiya iste'moli haqidagi ma'lumotlar uzatiladi. Bu ma'lumotlar nosozlikni vaqtida aniqlash, nasos eskirishini kuzatish va algoritm sozlamalarini mavsum davomida to'g'rilab borish uchun juda qo'l keladi. Ayniqsa uzoq joylashgan quduqlarda har kuni borib ko'rishning iloji bo'lmaganida bunday nazorat ish xarajatlarini ham kamaytiradi.

Iqtisodiy nuqtai nazardan qaraganda, boshqarish tizimining narxi odatda nasos va quyosh panellari narxiga nisbatan kichik, lekin u hosil qiladigan tejam hisobiga qo'shimcha mablag' ko'pincha bir necha mavsum ichida o'zini oqlaydi. Muhimi, loyihalashda nasosni o'ta katta zaxira bilan tanlamaslik kerak: haddan ziyod quvvatli nasos ko'p vaqt past foydali ish koeffitsiyentli zonada ishlaydi.

Aytaylik, nominal quvvati 15 kVt bo'lgan nasos agregati sug'orish mavsumida kuniga o'rtacha 10 soat ishlaydi va shu vaqtning katta qismida talab etilgan sarf nominalning 80 foizini tashkil qiladi. Surgich bilan bo'g'ib rostlanganda dvigatel taxminan 13–14 kVt quvvat iste'mol qilishda davom etadi. Chastotali boshqarishda esa o'xshashlik qonuniga ko'ra, taxminan $0,51 \cdot 15 \approx 7,7$ kVt kerak bo'ladi, bunga

yuritmaning o'z yo'qotishlarini qo'shsak ham, 8 kVt dan oshmaydi. Farq soatiga 5–6 kVt soat, kuniga esa 50–60 kVt soat atrofida bo'ladi. Bir mavsum, ya'ni taxminan 150 kun uchun bu o'n minglab kVt soat energiya demakdir.

Shuni ham aytish kerakki, bu raqamlar taxminiy va faqat usulning mohiyatini ko'rsatish uchun keltirilgan. Real obyektida natija nasos tavsifiga, quvur tarmog'ining qarshiligiga, statik napor ulushiga va yuklama grafigiga bog'liq bo'ladi. Statik napor katta bo'lgan tizimlarda (chuqur quduqlar) tejam nazariy qiymatdan kamroq chiqadi, chunki chastota pasayganda napor tezda yetishmay qoladi. Shu sababli har bir obyekt uchun nasosning va tarmoqning tavsiflarini birgalikda tahlil qilish, imkon bo'lsa, energiya iste'molini avval o'lchab ko'rish zarur.

Boshqarish tizimining yana bir muhim vazifasi himoya funksiyalaridir. Yuritma dvigatelning ortiqcha yuklanishi, fazalar uzilishi, kuchlanish tushib ketishi va nasosning quruq yurishidan himoyalanihini ta'minlashi kerak. Gibrid tizimda quyosh quvvati keskin o'zgarganda (masalan, bulut o'tganda) kuchlanish tez pasayishi mumkin, shu uchun inverter o'zgaras tok zvenosidagi kuchlanishni doimiy nazorat qilib, chastotani silliq o'zgartirishi, to'satdan to'xtab qolishning oldini olishi lozim.

Gibrid energiya ta'minotli nasos qurilmasida chastotali boshqariladigan elektr yuritmadan foydalanish bir vaqtning o'zida bir necha masalani hal qiladi: quyosh energiyasidan to'laroq foydalaniladi, tarmoqdan olinadigan energiya kamayadi, nasos va quvur tizimining xizmat muddati uzayadi. Nasos quvvatining chastota kubiga bog'liqligi, ayniqsa o'zgaruvchan quyosh quvvati sharoitida, bu usulning asosiy ustunligini tashkil etadi. MPPT va bosim bo'yicha PI-rostlashni birlashtirgan ustuvorlikli algoritm tizimning ishonchli va tejamkor ishlashini ta'minlaydi. Keyingi tadqiqotlarda aniq hududning iqlim ma'lumotlari asosida modellashtirish va tajriba o'tkazish orqali algoritm parametrlarini aniqlashtirish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Bose B.K. Modern Power Electronics and AC Drives. – New Jersey: Prentice Hall, 2002. – 711 p.
2. Mohan N., Undeland T.M., Robbins W.P. Power Electronics: Converters, Applications and Design. – New York: Wiley, 2003.
3. Karassik I.J., Messina J.P., Cooper P., Heald C.C. Pump Handbook. – New York: McGraw-Hill, 2008.