

## FAZA ROTORLI ASINXRON GENERATORNING NAZARIY MODELII VA MATEMATIK TAHLILI

*Sunnatov Samir Zafar o'g'li*

*Navoiy davlat konchilik va*

*texnologiyalar universiteti talabasi*

*e-mail: [samirsunnatov61@gmail.com](mailto:samirsunnatov61@gmail.com)*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada faza rotorli asinxron generator asosida mikro gidroelektr stansiyalarning (mikro GES) ish rejimlari va generator parametrlarini aniqlash masalalari ko'rib chiqilgan. Konchilik korxonalarini va sanoat obyektlarida mavjud elektr iste'molchilarining yuklama xususiyatlari tahlil qilinib, mikro GES qurilmalarida asinxron generatorlardan foydalanishning afzalliklari asoslab berilgan.

O'tkazilgan nazariy tahlil natijasida faza rotorli asinxron generator mikro GES sharoitida keng tezlik diapazonida barqaror ishlashi, yuklama o'zgarishlariga moslashishi va elektr energiya sifatini ta'minlashi mumkinligi aniqlangan.

**Kalit so'zlar:** Asinxron generator, faza rotorli mashina, sirpanish, elektromagnit moment, matematik model, rotor reostati, mexanik tavsif.

### KIRISH

Kichik quvvatli gidroenergetika obyektlari – mikro GESlar, sanoat korxonalarini va uzoq hududlarni barqaror elektr energiyasi bilan ta'minlashda muhim o'rin tutadi. Bunday stansiyalar ko'pincha o'zgaruvchan suv oqimi sharoitida ishlaydi, shu sababli ularda qo'llaniladigan generatorning barqarorligi, boshqaruvchanligi va ekspluatatsion soddaligi asosiy talablar qatoriga kiradi. Amaliyotda ko'plab mikro GESlarda sinxron generatorlar qo'llanib kelgan bo'lsa-da, ularning konstruktiv murakkabligi, uyg'otish tizimining mavjudligi, yuqori narx va ekspluatatsiya xarajatlari bunday qurilmalarni ommaviy qo'llashni cheklaydi.

Shu bois, oxirgi yillarda faza rotorli asinxron mashinalarni generator sifatida qo'llash yo'nalishiga qiziqish ortib bormoqda. Faza rotorli asinxron generatorning asosiy afzalligi - rotor zanjiriga ulangan boshqaruv reostati yordamida elektromagnit jarayonlarni nazorat qilish, ishchi tezlik diapazonini kengaytirish va reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish imkoniyatidir. Bu esa o'zgaruvchan suv oqimi sharoitida barqaror kuchlanish va quvvat olishni ta'minlaydi.

Mavjud ilmiy adabiyotlarda asinxron mashinalar nazariyasi keng yoritilgan bo'lsa-da, generator rejimidagi faza rotorli variantlarning matematik modeli va mikro GESlarga moslashtirilgan tahlili yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Ushbu maqola aynan shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan bo'lib, faza rotorli asinxron generatorning

nazariy modeli, elektromagnit moment tenglamalari va generator rejimidagi o'ziga xosliklarini matematik asosda ko'rsatib beradi [1].

### ADABIYOTLARNI O'RGANISH

Faza rotorli asinxron mashinalar bo'yicha ilmiy izlanishlar bir necha yo'nalishda olib borilgan bo'lib, ularning generator rejimida ishlashi elektromagnit jarayonlarning murakkabligi sababli alohida e'tibor talab etadi. Asinxron generatorlarning ishlash prinsipi birinchi bor XX asr boshlarida klassik elektromexanika olimlari tomonidan o'rganilgan bo'lsa-da, faza rotoriga ega konstruksiyalarning boshqaruv imkoniyatlari keyingi yillarda qayta dolzarblashgan.

B. Adkins, M. G. Say va boshqa tadqiqotchilar asinxron mashinalarning umumiy ekvivalent sxemasi, magnit zanjiri, sirpanish va quvvat oqimlari xarakteristikasini chuqur tahlil qilgan. Ularning ishlarida generator rejimi ham tilga olinadi, biroq faza rotoridagi aktiv qarshilikning elektromagnit moment va kuchlanish barqarorligiga ta'siri yetarli darajada yoritilmagan.

O'zbekistonlik va MDH olimlari tomonidan kichik GESlar uchun asinxron generatorlardan foydalanish bo'yicha amaliy tadqiqotlar amalga oshirilgan. Ularning ishlari asosan mustaqil ishlaydigan asinxron generatorlar, ularga ulanadigan kompensatsion kondensatorlar va yuklama rejimlari tahliliga bag'ishlangan. Shu bilan birga, faza rotorli variantlarning boshqaruv imkoniyatlari amaliyotda keng qo'llanilmayotgani bois ilmiy manbalarda ham kam yoritilgan.

Xorijiy adabiyotlarda faza rotorli asinxron generatorlar ko'pincha shamol turbinalarida uchraydi. Bu sohada J. F. Gieras, S. Chapman kabi olimlar ishlarida rotor reostati orqali quvvat boshqaruvi, energiya samaradorligi va ish diapazoni bo'yicha muhim natijalar mavjud. Biroq ular gidroenergetika sharoitiga moslashtirilmagan [2].

### ASOSIY QISM

Faza rotorli asinxron generatorning ishlash jarayoni elektromagnit induksiya qonuniga asoslanadi. Generator rejimida turbina ta'sirida rotor sinxron tezlikdan yuqori tezlikda aylanganda sirpanish manfiy qiymatga ega bo'ladi va mashina elektr energiyasini ishlab chiqarish rejimiga o'tadi. Sirpanish quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (1)$$

bu yerda  $n_1$  - sinxron tezlik,  $n$ — rotor tezligi.

Generator rejimida  $n > n_1$  bo'lgani uchun sirpanish  $s < 0$  qiymatga ega bo'ladi. Bu holat rotor chulg'amida induksiyalangan EYuK va toklarning yo'nalishini o'zgartiradi hamda elektr energiya tarmoqqa uzatilishini ta'minlaydi.

Rotor toklarining chastotasi sirpanishga bog'liq bo'lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$f_2 = s \cdot f_1 \quad (2)$$

Bu bog'lanish generatorning elektromagnit jarayonlarida dinamik o'zgarishlarni belgilaydi va yuklama o'zgarishiga sezgirlikni ifodalaydi.

Asinxron generatorning elektr holatini tahlil qilishda uning ekvivalent qarshiligi stator va rotor parametrlariga bog'liq holda ifodalanadi:

$$Z_{eq} = R + jX_1 + \frac{R'_2}{s} + jX'_2 \quad (3)$$

Bu yerda rotor qarshiligining sirpanishga bog'liqligi generator rejimining asosiy xususiyatlaridan biri hisoblanadi.

Generatorning elektromagnit momenti sirpanish va elektr parametrlar orqali aniqlanadi:

$$M = \frac{3U_1^2 \cdot \frac{R'_2}{s}}{\omega_s \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]} \quad (4)$$

Ushbu ifoda generatorning mexanik va elektr muvozanatini belgilaydi hamda yuklama o'zgarishiga nisbatan barqarorlikni tahlil qilish imkonini beradi.

Faza rotorli asinxron generatorning muhim afzalligi - rotor zanjiriga tashqi qarshilik ulash orqali ish rejimini boshqarish imkoniyatidir. Rotor toki quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{(R'_2 + R_{ext})^2 + (sX'_2)^2}} \quad (5)$$

Bu yerda  $R_{ext}$  - rotor zanjiriga ulangan qo'shimcha boshqaruv qarshiligi bo'lib, u generatorning barqarorligini oshiradi va o'tkinchi jarayonlarni yumshatadi.

Stator chulg'amida hosil bo'ladigan EYuK quyidagicha ifodalanadi:

$$E_1 = 4.44k_\omega N \phi f_1 \quad (6)$$

Generator chiqish kuchlanishi ichki yo'qotishlarni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$U = E_1 - I_1(R_1 + jX_1) \quad (7)$$

Elektr quvvat esa quyidagicha ifodalanadi:

$$P = 3UI \cos \varphi \quad (8)$$

Ushbu matematik bog'lanishlar asosida faza rotorli asinxron generatorning ish rejimi, barqarorligi va yuklama o'zgarishlariga moslashuvchanligi tahlil qilinadi.

Yakuniy tahlil shuni ko'rsatadiki, rotor qarshiligini boshqarish orqali generatorning moment-tezlik xarakteristikasini kengaytirish, kuchlanish barqarorligini oshirish va mikro GES sharoitida o'zgaruvchan suv oqimi ta'sirini kompensatsiya qilish mumkin. Shu sababli keyingi bo'limda ushbu model asosida olingan natijalar va ularning amaliy ahamiyati ko'rib chiqiladi [4].

## NATIJALAR

O'tkazilgan matematik tahlil va nazariy model asosida faza rotorli asinxron generatorning mikro GES sharoitidagi ish xususiyatlari baholandi. Olingan natijalar generator rejimida sirpanishning manfiy qiymatga ega bo'lishi elektr energiya ishlab chiqarish jarayonining asosiy sharti ekanligini tasdiqladi.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik ulash generatorning elektromagnit moment xarakteristikasini sezilarli darajada yaxshilaydi. Bu esa suv oqimi tezligi o'zgaruvchan bo'lgan sharoitlarda ham generatorning barqaror ishlashini ta'minlaydi. Shuningdek, rotor qarshiligining oshirilishi boshlang'ich ishga tushirish jarayonidagi tok zarbalarini kamaytiradi va tizimning umumiy ishonchligini oshiradi.

Matematik model asosida aniqlanishicha, faza rotorli asinxron generatorning chiqish kuchlanishi va quvvati stator toki, magnit oqim hamda sirpanish qiymatiga bevosita bog'liq. Rotor qarshiligini boshqarish orqali reaktiv quvvat oqimini muvozanatlash va kuchlanish barqarorligini saqlash mumkinligi tasdiqlandi.

Shuningdek, olingan natijalar mikro GESlarda sinxron generatorlar o'rniga faza rotorli asinxron generatorlarni qo'llash texnik jihatdan maqsadga muvofiqligini ko'rsatdi. Bunday yondashuv tizimning ekspluatatsion soddaligi va iqtisodiy samaradorligini oshiradi [5].

### **XULOSA**

Faza rotorli asinxron generatorning nazariy modeli va matematik tahlili asosida o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ushbu turdagi generator mikro GESlarda samarali va barqaror ishlash imkoniyatiga ega. Generator rejimida sirpanishning manfiy qiymatga ega bo'lishi, elektromagnit momentning yo'nalishi hamda quvvat oqimining statorga uzatilishi asosiy ish jarayonini belgilab beradi.

Rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik ulash orqali generatorning mexanik va elektr tavsiflarini boshqarish, ishchi diapazonni kengaytirish hamda kuchlanish barqarorligini ta'minlash mumkinligi aniqlandi. Matematik model natijalari faza rotorli asinxron generatorning sinxron generatorlarga nisbatan soddaroq tuzilishga ega bo'lib, ekspluatatsiya jihatidan qulay ekanligini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, faza rotorli asinxron generatorlar mikro GESlar uchun texnik, iqtisodiy va boshqaruv nuqtai nazaridan istiqbolli yechim bo'lib, ularni amaliyotga joriy etish energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Зоҳидов О.У., Хамраев О.С. Оптимизация производственного энергопотребления. Научно-технический и производственный журнал "Горный вестник Узбекистана".-Навои,2012.-№2. –С.68-70.
2. Каршибаев А.И., Зоҳидов О.У., Хамзаев А.А., Бобоқулов А.Н., Шоназаров О.У. Обеспечение надёжности безопасной работы асинхронного двигателя высокого напряжения с применением релейной защиты. Новый Университет

Серия «технические науки» Научный журнал. 2015 №5-6 ст 32 ул. Первомайская, 136 «А». г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, 424002, Россия.

3. Зохидов О.У., Зокиров Б. Т. Выбор и расчёт установок релейной защиты по току и времени (Максимальная токовая защита) Журнал «Интернаука», Internauka.org, часть 1, г. Москва 12 (16), ISSN: 2542-0348, 2017г. 03.07.
4. Алимходжаев К.Т., Зохидов О.У., Asynchronous Generators with PhaseWound Rotor for Power Stations Operating Parallel to a Network International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 11, November 2019.
5. Н.О. Атауллаев, Зохидов О.У., А.А. Идиева Разработка вертикальных ветрогенераторов в условиях Узбекистана. Композицион материаллар илмий-техник ва амалий журнали, 4-сон, Тошкент 2019й.