

ASINXRON GENERATORLI SHAMOL ELEKTR STANSIYASINING ENERGIYA SAMARADOR REJIMLARINI ISHLAB CHIQISH VA TADBIQ QILISH

Karimov Jasurbek Tursunali o'g'li

Toshkent Davlat texnika universiteti magistri.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18164935>

Annotatsiya. Ushbu maqola Asinxron generator kuchlanishini avtomatik rostlash tizimi elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida asinxron generatorlarning chiqish kuchlanishini barqarorlashtirishga qaratilgan. Ushbu tizim asinxron generatorning kuchlanishini optimal darajada saqlashga yordam beradi, bu esa energiya sifatini yaxshilash va tarmoqning barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi. Odatda elektr tarmoqlari ko'plab sinxron generatorlarning ma'lum shartlar asosida parallel ishlashi hisobiga tashkil etiladi. Hozirgi vaqtda rivojlangan elektr tarmoqlarida bir vaqtda sinxron va asinxron generatorlar parallel ishlamoqda. Buning o'ziga yarasha yutuq va kamchiliklari mavjud. Maqolada shu haqda so'z yuritilgan.

Kalit so'zlar: asinxron generator, kuchlanishni avtomatik rostlash tizimi, barqaror energiya ta'minoti, boshqaruv tizimi, kuchlanish rostlagichi.

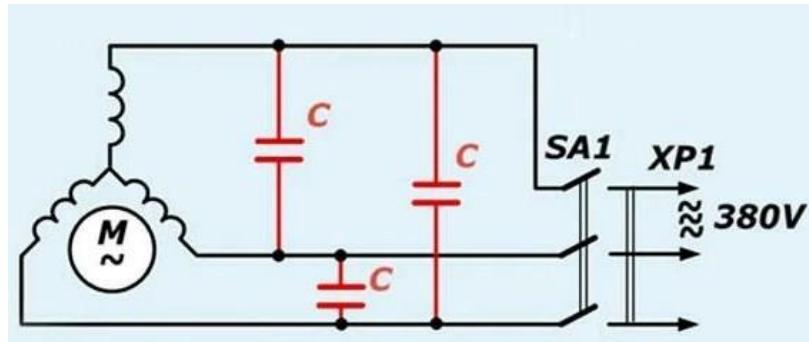
Abstract. This article is about the automatic voltage regulation system for asynchronous generators, which aims to stabilize the output voltage of asynchronous generators in the electricity generation process. This system helps maintain the generator's voltage at an optimal level, which contributes to improving energy quality and ensuring network stability. Typically, power grids are organized by operating many synchronous generators in parallel under certain conditions. Currently, in developed power grids, synchronous and asynchronous generators operate in parallel. This has its own advantages and disadvantages. This is discussed in the article.

Keywords: asynchronous generator, automatic voltage regulation system, stable energy supply, control system, voltage regulator, parallel operation.

Kirish. Energetika tizimlarining samarali ishlashi va barqarorligi uchun generatorlarning chiqish kuchlanishini barqarorligini ta'minlash muhim ahamiyatga ega. Asinxron generatorlar, ayniqsa, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanadigan tizimlarda keng qo'llanilib, asosiy afzalligi sifatida ularning oddiy konstruksiyasi va yuqori ishonchlilikka ega bo'lsa-da, chiqish kuchlanishining o'zgaruvchanligi masalasi kengroq tadqiqotlar olib borishga undaydi.

Buning sababi, asinxron generatorlarning chiqish kuchlanishi ishlash sharoitlariga qarab o'zgarib turadi, bu esa energiya sifatini pasaytirishi va tarmoqdagi uzilishlarga olib kelishi mumkin.

Asinxron motor odatda elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi qurilma sifatida ishlatiladi. Biroq, u faqat motor sifatida ishlash bilan cheklanib qolmaydi, balki u generator rejimida ham ishlash imkoniyatiga ega (1rasm).



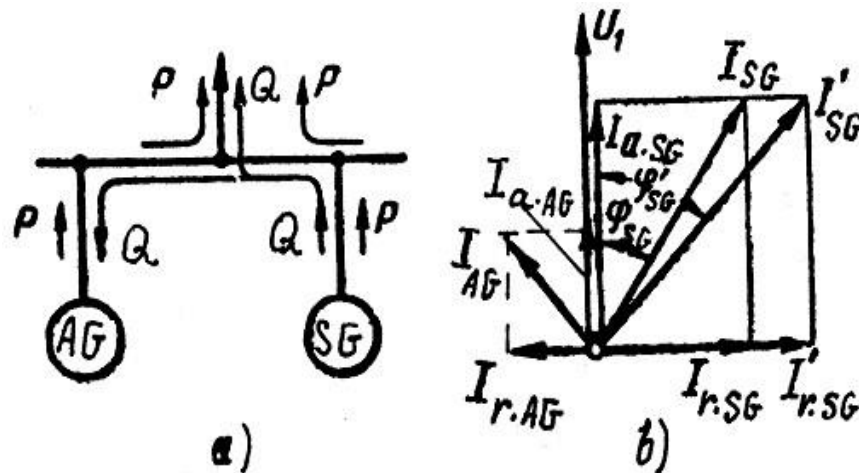
1-rasm. Asinxron motorni generator sifatida ishlashining tipik sxemasi

Asinxron generatorlarning chiqish kuchlanishini barqarorlashtirish uchun avtomatik boshqaruv tizimlari zarurdir. Asinxron generator kuchlanishini avtomatik rostlash tizimi generatorning chiqish kuchlanishini real vaqt rejimida kuzatib, uni optimal darajada saqlashga yordam beradi. Bu tizimning asosiy vazifasi — energiya sifatini yaxshilash, tarmoqning barqarorligini ta'minlash va generatorning uzoq muddatli va ishonchli ishlashini ta'minlashdir [1-3].

Ta'kidlash lozimki, so'nggi ilmiy izlanishlar natijalarining ko'rsatishicha, elektr energetika sistemasida katta quvvatli AG sinxron generatorlar bilan parallel ishlatilganda kam chastotali tebranishlarni so'ndirishda ahamiyatli ekanligi isbotlangan.

AG ning stator chulg'amiga kondensator C ulanganligidan tok $I_r = I_c$ uning kuchlanishiga nisbatan oldin keladi (2, b-rasm). Agar qoldiq magnit oqim (Φ_{qol}) bo'lsa, rotor aylanganda stator chulg'amida kam miqdordagi E_{qol} hosil bo'ladi (2, crasm). Uning ta'siridan «stator chulg'ami-kondensatorlar» zanjirida kuchlanish vektori $\underline{U}_1$ dan oldin keluvchi reaktiv tok $\underline{I}_c$ vujudga keladi.

Bu tokning reaktiv tashkil etuvchisi I_r oqim Φ bilan bir xil yo'nalishda bo'ladi. Shuning uchun sig'im toki I_c ning stator chulg'amida hosil qilgan MYK mashinani magnitlaydi[3-4].



2-rasm. Asinxron va sinxron generatorlarning parallel ishlashi (a) va vektor diagrammasi (b); Q – reaktivquvvat

O'z - o'zini qo'zg'atish jarayoni AG va kondensatorlarning kuchlanishlari teng bo'lgunga qadar, ya'ni

$$I_c \omega_1 L_1 = I_c / (\omega_1 C),$$

davom etadi. Bunda $L_1 = (x_1 + x_2) / \omega_1$ – AG ning induktivligi; C – bir fazaga to‘g‘ri keladigan sig‘im.

Kondensatorning sig‘imi kamaytirilsa, $U_C = I_C X_C$ xarakteristikaning og‘ish burchagi α kattalashib, AG ning kuchlanishi kamaya boradi va $I_C X_C$ to‘g‘ri chizig‘i salt ishlash egri chizig‘ining to‘g‘ri chiziqli qismi bilan mos tushganda AG o‘z - o‘zini qo‘zg‘ata olmaydi (2, c-rasm).

Birlamchi dvigatel bilan asinxron generator rotorini aylantirib formula bilan aniqlanadigan aylanish chastotaga erishganda, statorda ω_1 chastota tebranishlari vujudga keladi va $\omega_{kr} = 1 / L_k C$ – chastotaning eng yuqori kritik qiymati $\omega_1 > \omega_{kr}$ bo‘lganda o‘z - o‘zini qo‘zg‘atish buziladi [5].

$$N = 30 \omega_1 / (\pi p)$$

Sirpanishni aniqlash $s = (n_1 - n) / n_1$ formulaga binoan yuklama bilan ishlayotgan AG kuchlanish chastotasini $f_1 = \text{const}$ qilish uchun sirpanishning o‘zgarishiga mos ravishda aylanish chastota n ni o‘zgartirish lozim bo‘ladi. Buni amalga oshirish murakkab hisoblanadi, chunki birlamchi dvigatelning aylanish chastotasi regulyator (rostlagich) bilan o‘zgarmas qilinganda AG ning sig‘imi va yuklamaning o‘zgarmas qiymatlarida chastota pasayadi [6].

Bu quyidagicha tushuntiriladi. AG yuklama bilan ishlaganda, stator chulg‘amining induktiv va aktiv qarshiliklarida kuchlanish pasayishi tufayli, uning kuchlanishi bir oz kamayadi. Bunga yana ikkinchi sabab, odatda, yuklama bilan ishlaganda AG ning magnitlovchi toki ham bir oz kamayadi, chunki kondensator tokining bir qismi rotor tokining reaktiv tashkil etuvchisini va yuklama tokini qoplashga sarflanadi.

Asinxron generatorlar odatda uch fazali o‘zgaruvchan tok tizimlari tarkibida ishlaydi va ularning asosiy xususiyati shundaki, ular tarmoq kuchlanishi bilan bog‘liq holda o‘zgaradi. Bu generatorlar, asosan, qattiq mexanik tizimlarda, masalan, shamol turbinalarida yoki gidroenergetik qurilmalarda qo‘llaniladi. Ularning afzalliklari shundaki, ular tarmoqqa ulanmasdan ham ishlashlari mumkin, lekin kuchlanishning o‘zgarishi ishlab chiqarilgan energiyaning sifatiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi [1].

Materiallar va uslublar. Asinxron generatorlar ishlash mexanizmi, va ularning quvvat ishlab chiqarish samaradorligi bo‘yicha tadqiqotlar tahlil qilindi. Generatorlarning mexanik energiyadan elektr energiyasiga aylantirilishi, asinxron generatorning yuklamalar bilan o‘zaro aloqasi va elektr energiyasining tarmoqqa uzatilish jarayonlari batafsil yoritildi.

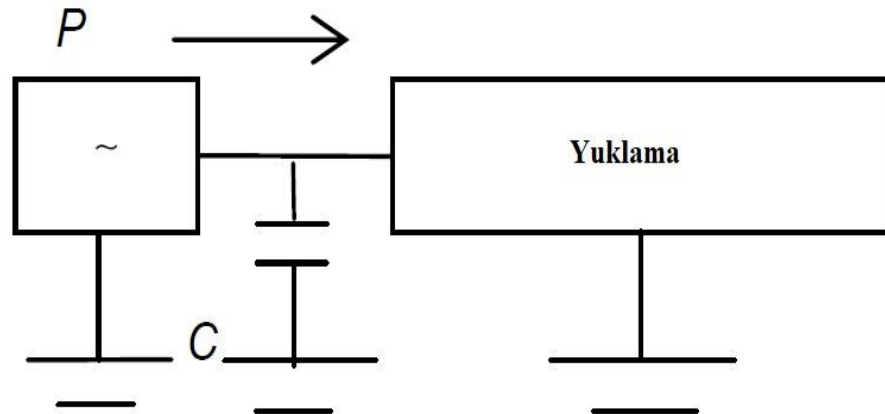
Natijalar va munozara. Asinxron generatorlarning chiqish kuchlanishini avtomatik tarzda boshqarish uchun maxsus tizimlar ishlab chiqilgan. Bu tizimlar quyidagi asosiy elementlardan tashkil topgan:

1. Kuchlanish Sensorlari: Tarmoqdagi kuchlanishni real vaqt rejimida o‘lchash uchun kuchlanish sensorlari qo‘llaniladi. Bu sensorlar generatorning chiqish kuchlanishini o‘lchaydi va ma‘lumotlarni boshqaruv tizimiga uzatadi.

2. Boshqaruv Bloki: Boshqaruv bloki kuchlanishni o‘lchash ma‘lumotlarini qabul qilib, generatorni kerakli kuchlanish darajasiga sozlash uchun zarur bo‘lgan signalni beradi. Boshqaruv bloki avtomatik ravishda generatorni sozlashni amalga oshiradi va kuchlanishning barqarorligini ta‘minlaydi.

3. Kuchlanish Regulyatori: Asinxron generatorning kuchlanishining o'zgarishini avtomatik ravishda boshqarish uchun kuchlanish regulyatori ishlatiladi. Bu qurilma generatorning chiqish kuchlanishini kerakli darajaga etkazish uchun energiya manbasining faoliyatini nazorat qiladi.

4. Teskari aloqa mexanizmi: Avtomatik boshqaruv tizimi ish faoliyatini kuzatib boradi va natijalarga qarab tizimni sozlashni amalga oshiradi. Teskari aloqa mexanizmi orqali tizim doimiy ravishda kuchlanishning o'zgarishini kuzatib, uning barqarorligini ta'minlaydi [2-3].



1. 3-rasm. "Generator yuklama" tizimining blok sxemasi

Asinxron mashinaning "Generator - yuklama" tizimi - bu asinxron generatorning energiya ishlab chiqarish va yuklarga energiya uzatish jarayonlarini boshqarish uchun ishlatiladigan tizimdir (3-rasm). Asinxron generatorlar ko'pincha notekis kuchlanish hosil qilganligi sababli tekislash uchun filtrlar sifatida kondensatorlar va reaktorlardan foydalaniladi.

PWM (Pulse Width Modulation) asosida ishlaydigan inverterlar qo'llaniladi.

Asinxron generator kuchlanishini hosil qilish sharti

Asinxron generator o'z-o'zidan kuchlanish hosil qilishi uchun quyidagi tenglik bajarilishi kerak:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

bunda: X_C – kondensatorning reaktiv qarshiligi, $\omega = 2\pi f$ – burchak chastota, C – generator statoriga ulangan umumiy kondensator sig'imi.

Kuchlanishni rostdash uchun sig'im (C) qiymatini mos ravishda o'zgartirish kerak.

Asinxron generatorning chiqish kuchlanishi quyidagicha hisoblanadi:

$$U = E - I(R_s + jX_s)$$

bunda: U – generatorning chiqish kuchlanishi, E – ichki elektromagnit kuch (EMK), I_s – stator toki, R_s – statorning aktiv qarshiligi, X_s – statorning reaktiv qarshiligi.

Kuchlanishni rostdash uchun reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish talab etiladi [1, 2].

Asinxron generator yuklamaga qarab kuchlanishni o'zgartiradi. Bu o'zgarish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\Delta U = \frac{I_s(R_s \cos \phi + X_s \sin \phi)}{U_n} \times 100\%$$

bunda: ΔU – kuchlanishning yuklamaga bog‘liq nisbiy o‘zgarishi (%), U_n – nominal kuchlanish, $\cos\varphi$ – yuklamaning quvvat koeffitsienti.

Asinxron generator o‘z-o‘zidan qo‘zg‘atish va tarmoqsiz ishlashi uchun unga kondensatorlar kerak bo‘ladi. Kondensator sig‘imi quyidagicha hisoblanadi: Q

$$C = \omega U_2$$

bunda: C – kondensator sig‘imi (F), Q – reaktiv quvvat (VAR), $\omega = 2\pi f$ – burchak chastota, U – generator chiqish kuchlanishi.

Nominal kuchlanishni ushlab turish uchun mos kondensator tanlanishi kerak.

Asinxron generatorning samarali ishlashi uchun reaktiv quvvat balansi saqlanishi kerak:

$$Q_{gen} + Q_c = Q_{load}$$

bunda: Q_{gen} – generator tomonidan ishlab chiqarilgan reaktiv quvvat, Q_c – kondensator orqali ta‘minlangan reaktiv quvvat, Q_{load} – yuklama tomonidan talab qilinadigan reaktiv quvvat.

Agar Q_c to‘g‘ri tanlansa, generator barqaror ishlaydi va kuchlanish o‘zgarmaydi.

Xulosa.

1. Agar AG ning yuklamasi sof aktiv bo‘lganda kondensatorlarning quvvati generatorning reaktiv quvvatiga teng bo‘lishi lozim bo‘lsa, aktiv - induktiv yuklamada esa yuklamani ham reaktiv quvvat bilan ta‘minlash maqsadida kondensator batareyasining quvvatini oshirish zarur bo‘ladi.

2. O‘z - o‘zini qo‘zg‘atadigan AG kondensator batareyasining quvvati ancha katta, ya‘ni nominal quvvatining 70%–100 % ni tashkil qiladi. Bu esa qurilmaning tannarxini oshiradi.

3. Amaliy jihatdan, tarmoqqa ulanmagan AG ni sof aktiv yuklama bilan ishlatishda kuchlanish va chastotaning o‘zgarish xarakteristikalarini yetarli darajada qanoatlanarli bo‘lmaganligidan AG larning qo‘llanish sohalari cheklangan.

Asinxron generator kuchlanishini avtomatik rostlash tizimi elektr energiyasi ishlab chiqarishni samarali boshqarish uchun muhim ahamiyatga ega. Bu tizim generatorlarning chiqish kuchlanishini barqarorlashtirishga yordam beradi va elektr energiyasining sifatini oshiradi.

Asinxron generatorlarning samarali ishlashini ta‘minlash va ularni tarmoqqa ulangan holda barqaror energiya ta‘minotini yaratish uchun avtomatik kuchlanish rostlash tizimi muhim vosita bo‘lib qoladi

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. A.C. Joshi, Dr. M.S. Chavan Induction Generator: Excitation & Voltage Regulation International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering ISO 3297:2007 Certified Vol. 5, Issue 5, May 2017, - pp. 219-223.
2. Лежнюк П.Д., Нгома Ж.-П., Кылымчук А.В. Автоматизация малых ГЭС как средство повышения эффективности их работы в электросети // Науч. тр. Винницкого НТУ, Энергетика и электротехника. 2008, № 3. С. 21-26.
3. Свит, Павел Петрович. Разработка микро-ГЭС с асинхронными генераторами для сельскохозяйственных потребителей : автореферат дис.
4. ... кандидата технических наук : 05.20.02 / Свит Павел Петрович; [Место защиты: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова]. — Барнаул, 2007. — 24 с..

5. Donald V. Richardson. Rotating electric machinery and transformertechnology 1996, Prentice Hall.
6. M.E. El-Hawary. Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications. Wiley-IEEE Press. 2002.
7. A.S. Saodullayev, N.B. Pirmatov, A.E. Bekishev, N.A.Qurbonov Maxsus elektr mashinalari. Darslik. – T.: 2022 -231 b.
8. Berdiev U.T., Pirmatov N.B. Elektromexanika. Texnika oliy oquv yurtlarining «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» va «Elektr energetika» yonalishi talabalari uchun darslik.– T.: Shams-Asa. 2014. –386 b.
9. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik.-T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
10. Одилов Г. «Электр машиналарининг махсус курси»фанидфн мфърузфлфр мфтни.Тошкент.-1999. ТошДТУ