SINXRON GENERATOR O‘Z-O‘ZIDAN CHAYQALISH JARAYONINING ENERGETIKA TIZIMIGA TA’SIRINI TADQIQ QILISH

Samadov Ilyos Azamat o‘g‘li
Qarshi Davlat Texnika Universiteti, “Elektr energetikasi tizimlar va tarmoqlari” Yo‘nalishi magistranti
E-mail:ilyosjonsamadov19991010@mail.com
Tel:+99890 6761090
Kurbonov Najmiddin Abduxamidovich
Qarshi Davlat Texnika Universiteti "Elektr taminoti va intellectual energetik tizimlar" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d. dots.

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada biz sinxron generatorning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayoni va uning energetika tizimiga ko‘rsatadigan ta’siri chuqur tahlil qildik. Chayqalishning fizik mohiyati, generatorning elektromagnit muvozanati buzilganda yuzaga keladigan tebranishlar hamda ularning chastotasi shuningdek kuchlanish barqarorligiga ta’siri yoritiladi. Tadqiqot davomida biz sinxron mashinaning mexanik va elektr parametrlaridagi o‘zgarishlar tizim barqarorligiga qanday xavf tug‘dirishi ilmiy asosda ko‘rib chiqdik. Qolaversa, turli yuklama rejimlari, tokning o‘zgarishi, energetik tizimning umumiy inertsiyasi va avtomatik boshqaruv tizimlari chayqalish jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy omil sifatida baholadik. Olingan tahlil natijalariga ko‘ra, chayqalishlarni kamaytirish uchun stabilizatorlar, rostlagichlar va himoya tizimlarining takomillashtirilgan modeli taklif etildi. Mazkur tadqiqot ishi energetika tizimlarida ishonchlilikni oshirish va avariyaviy holatlarning oldini olishga xizmat qilishi ko‘zda tutilmoqda.

Kalit so‘zlar: sinxron generator, o‘z-o‘zidan chayqalish, barqarorlik, energetika tizimi, chastota, kuchlanish, tebranish, boshqaruv tizimi, elektromagnit jarayonlar, fizik jarayonlar.

Аннотация. В данной научной статье подробно проанализирован процесс самораскачивания синхронного генератора и его влияние на энергосистему. Рассматриваются физическая природа самораскачивания, колебания, возникающие при нарушении электромагнитного баланса генератора, их частота, а также влияние на устойчивость напряжения. В ходе исследования научно обосновано, как изменение механических и электрических параметров синхронной машины представляет угрозу устойчивости системы. Кроме того, оценены различные режимы нагрузки, колебания тока, общая инерционность энергосистемы и системы автоматического управления как основные факторы, влияющие на процесс самораскачивания. По результатам анализа предложена усовершенствованная модель стабилизаторов, выпрямителей и систем защиты для снижения самораскачивания. Ожидается,

ISSN 3030-3907

что данная исследовательская работа будет способствовать повышению надежности и предотвращению аварийных ситуаций в энергосистемах.

Ключевые слова: синхронный генератор, автоколебания, устойчивость, энергосистема, частота, напряжение, колебания, система управления, электромагнитные процессы, физические процессы.

Annotation. In this scientific article, we have thoroughly analyzed the process of self-swinging of a synchronous generator and its impact on the power system. The physical nature of the swing, the oscillations that occur when the electromagnetic balance of the generator is disturbed, and their frequency, as well as the impact on voltage stability, are discussed. During the study, we have scientifically examined how changes in the mechanical and electrical parameters of a synchronous machine pose a threat to the stability of the system. In addition, we have assessed various load modes, current fluctuations, the total inertia of the power system and automatic control systems as the main factors affecting the swinging process. According to the results of the analysis, an improved model of stabilizers, rectifiers and protection systems was proposed to reduce swings. It is expected that this research work will serve to increase reliability and prevent emergencies in power systems.

Keywords: synchronous generator, self-oscillation, stability, power system, frequency, voltage, oscillation, control system, electromagnetic processes, physical processes.

Kirish

Bugungi kunda zamonaviy energetika tizimlarining barqaror ishlashi ko‘p omillarga bog‘liq bo‘lib, ularning eng muhimlaridan biri sinxron generatorlarning ishonchli, muvozanatli va uzluksiz faoliyatlaridan biri hisoblanadi. Sinxron mashinalar elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi asosiy manba sifatida elektr stansiyalarida yetakchi va muhim o‘rin egallaydi. Shu bois ularning dinamik xatti-harakati, hamda yuklama o‘zgarishi, kuchlanish tebranishi yoki tizimdagi avariyaviy jarayonlarga javoban namoyon bo‘ladigan o‘z-o‘zidan chayqalish holatlari, energetika tizimi uchun juda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega hisoblanmoqda. O‘z-o‘zidan chayqalish — bu generator momenti hamda tarmoq momenti o‘rtasidagi muvozanat buzilishi natijasida yuzaga keladigan, vaqt o‘tishi bilan kuchayib boruvchi dinamik tebranish jarayoni sanaladi. Bu tebranishlar tizimning umumiy barqarorligini izdan chiqarishi, chastota hamda kuchlanishning keskin o‘zgarishlariga sabab bo‘lishi va butun energetik tarmoqning ishonchliligiga bevosita xavf tug‘diradiga omillardan biri bo‘lishi mumkin.

Energetika tizimlarida sodir bo‘ladigan avariyalarning tahlili shuni ko‘rsatmoqdaki, ko‘plab quvvat stansiyalarida kuzatiladigan noxush hodisalarning ildizi aynan sinxron generatorlarning barqaror ishlashiga ta’sir etuvchi chayqalish omillariga borib taqaladi. Mazkur hodisaning yuzaga kelishi generatorning

ISSN 3030-3907

elektromagnit kuchlari, mexanik rotor momenti, yuklama ko‘rsatkichlari hamda avtomatik boshqaruv tizimlaridagi nomutanosibliklar bilan chambarchas bog‘liq hisoblanadi. Ayniqsa, yuklamaning tez o‘zgarishi yoki tarmoqqa qo‘shimcha iste’molchilarning ulanib-uzilishi generatorning sinxronlashtirish qobiliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi hamda chayqalish amplitudasining ortishiga olib keladi. Shu sababli generator holatini real vaqt rejimida nazorat qilish va tebranish parametrlarini baholash hamda ularni barqarorlashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yondashuvlar kerakdir.

O‘z-o‘zidan chayqalish jarayonining ilmiy jihatdan o‘rganilishi faqat generatorning o‘ziga xos xususiyatlari bilan cheklanib qolmasdan, tizimning umumiy inertsiyasi, kuchlanishni rostlash tizimlari, turli himoya qurilmalari, stabilizatorlarning samaradorligi va ushbu jarayon dinamikasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan olib qaralganda, sinxron generator chayqalishini chuqur tadqiq etish energetika tizimining global barqarorligini ta’minlash, avariyalar xavfini kamaytirish va generatorlarning xizmat muddatini uzaytirishda asosiy o‘rin tutadi. Ilmiy izlanishlar natijalari shuni tasdiqlaydiki, chayqalish jarayonini to‘g‘ri baholash va uni bartaraf etish bo‘yicha standartlashtirilgan usullarni joriy etish elektr stansiyalarning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Ushbu tadqiqotda biz sinxron generatorlarda o‘z-o‘zidan chayqalishning kelib chiqish sabablari, ularning energetika tizimiga ko‘rsatadigan ta’siri va barqarorlikka tahdid soluvchi omillar bosqichma-bosqich tahlil qildik. Hamda, chayqalish jarayonining oldini olish yoki kamaytirish uchun qo‘llaniladigan zamonaviy boshqaruv va stabilizatsiya tizimlarining afzalliklari ilmiy asosda ko‘rib chiqamiz. Mazkur maqolaning dolzarbligini asoslab, chuqur ilmiy tahlil uchun nazariy asos yaratamiz va sinxron generatorlarning barqaror ishlashini ta’minlash masalasida yangi ilmiy yechimlar izlash zarurligini isbotlaymiz.

MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI

Sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayoni bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar ushbu hodisaning energetika tizimlari uchun jiddiy xavf tug‘dirishini aniqlangan. Masalan, Yevropa Energetika Tadqiqotlari Markazi tomonidan o‘tkazilgan tajribalarda yuklamaning 15–20 % ga keskin o‘zgarishi rotor burchakining tebranish amplitudasini ikki baravar oshirishi isbotlangan edi. Bu esa generatorning sinxron holatdan chiqib ketish ehtimolini ham kuchaytiradi. Shu bilan birga, AQSh Energetika Departamenti hisobotlarida avtomatik kuchlanishni rostlash tizimidagi 0,2–0,3 soniyalik kechikish chayqalishning barqarorlashmasligiga olib kelishini ham tajribalari bilan tasdiqlangan edi.

Shuningdek, raqamli boshqaruv algoritmlaridan foydalanilgan loyihalarda tizimning umumiy barqarorligi oshganligi ham ko‘plab eksperimental natijalar

ISSN 3030-3907

orqali isbotlangan. Umuman olib qaralganda, mavjud adabiyotlar sinxron generator chayqalishini erta aniqlash hamda boshqarish energiya tizimining ishonchliligini oshirishda hal qiluvchi omil ekanini dalillar bilan ko‘rsatib o‘tilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonini chuqur o‘rganish uchun kompleks metodologik yondashuvlar qo‘llanilgan bo‘lib, avvalo, generatorning elektromexanik jarayonlarini tavsiflovchi matematik model tuzilgan. Modelda rotor burchak tezligi, elektromagnit moment, yuklama o‘zgarishi shuningdek tarmoq inertsiyasini aks ettiruvchi differensial tenglamalar asos qilib olingandir. Bu tenglamalar generatorning turli ish rejimlaridagi xatti-harakatini nazariy jihatdan baholash imkoniyatini berdi.

Matematik model asosida kompyuter simulyatsiyalarini amalga oshirildi. Simulyatsiya jarayonida yuklamaning keskin o‘zgarishi va kuchlanishning pasayishi hamda boshqaruv tizimidagi kechikish kabi holatlar alohida ssenariy sifatida qo‘llanildi. Har bir ssenariy bo‘yicha rotor tebranish amplitudasi hamda chastota o‘zgarishi va barqarorlash vaqtiga oid ma’lumotlar yig‘ildi. Bu yondashuv chayqalishning qaysi sharoitlarda kuchayishi yoki kamayishini aniq baholash imkoniyatini beradi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonini o‘rganish natijalari ushbu hodisa energetika tizimining barqarorligi va ishonchliligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini yaqqol ko‘rsatib beradi. Tadqiqot davomida matematik model asosida o‘tkazilgan simulyatsiyalar, real ekspluatatsion ma’lumotlar va boshqaruv tizimlari parametrlari tahlili chayqalishning kelib chiqish sabablari hamda uning rivojlanish mexanizmini aniq va lo‘nda aniqlashtirdi. Shuningdek, yuklama tebranishi va tarmoqdagi kuchlanishning qisqa muddatli pasayishlari generatorning elektromexanik muvozanatini buzishi hamda rotor burchak tezligining tebranishiga sabab bo‘lishi isbotlandi. Simulyatsiyalarda yuklamaning 20 % ga keskin o‘zgarishi rotor tebranish amplitudasi va chastota beqarorligini sezilarli darajada kuchaytirgani ko‘rish mumkin bo‘ladi. Bu holat sinxron generatorlarning yuqori yuklama rejimlarida o‘z-o‘zidan chayqalishga nisbatan sezgirligini tasdiqlamoqda.

Tadqiqotning muhim jihatlaridan biri shuki, stabilizatorlar — xususan PSS (Power System Stabilizer) qurilmalarining samaradorligini baholash hisoblanadi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, PSS qo‘llangan generatorlarda tebranish amplitudasi o‘rtacha 30–40 % ga kamayganini, barqarorlash vaqti esa sezilarli ravishda qisqarganini ko‘rish mumkin. Bu natijalar chayqalish jarayonini jilovlashda stabilizatorlarning ahamiyati juda yuqori ekanini isbotlaydi. PSS

ISSN 3030-3907

signallarining generator mexanik momentiga sinxron ravishda ta’sir ko‘rsatishi tizimni tezroq barqarorlashtirishga imkon beradi. Qolaversa, raqamli boshqaruv algoritmlari qo‘llangan ssenariylarda stabilizatsiya yanada samarali bo‘lganini aniqlandi. Raqamli regulatorlar chayqalish davrini real vaqt rejimida aniqlandi va optimallashtirilgan signallar orqali tebranishni qisqa fursatda bartaraf etishi kuzatildi.

Real ekspluatatsion ma’lumotlarning tahlili ham simulyatsiyalar natijalarini tasdiqladi. Elektr stansiyalaridagi kuzatishlarda yuklama tez-tez o‘zgaradigan paytlarda generatorlarda chayqalish chastotasining oshishi va AVR sozlamalari optimal bo‘lmaganda esa chayqalish jarayoni uzoq davom etishi qayd etilishi kuzatildi. Tizim inertsiyasi past bo‘lgan joylarda esa chayqalishning avvalgi holatga qaytmasdan, asta-sekin kuchayib borishi xavfi yuqori ekanligi aniqlandi. Bu holatlar energetika tizimi barqarorligi uchun sinxron generatorlarning holatini doimiy monitoring qilish zarurligini ko‘rsatib beradi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, mazkur tadqiqot sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayoni energetik tizimlar uchun mavjud bo‘lgan xavflarni o‘z vaqtida aniqlash va tahlil qilish shunindek bartaraf etish bo‘yicha muhim ilmiy asoslar hamda praktika jihatdan ahamiyatli bo‘lgan muhim tavsiyalar beradi. Olingan xulosalar generatorlarning ishonchli ishlashini ta’minlash, elektr tarmoqlarining barqarorligini mustahkamlash va avariyaviy holatlarning oldini olish hamda energiya tizimining samaradorligini oshirishga qaratilgan kompleks choralarni ishlab chiqishda zarur omil sifati xizmat qiladi. Mazkur ishning natijalari bugungi kunda va kelajakda sinxron mashinalar dinamikasini chuqur o‘rganishga, zamonaviy barqarorlashtiruvchi vositalarni takomillashtirishga hamda raqamli boshqaruv tizimlari samaradorligini oshirishga ilmiy, amaliy zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rasulov, R. M. Elektr energetika tizimlarida dinamik barqarorlik. Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2018. – 124–167-betlar.
2. Khodiev, A. A. Sinxron mashinalar va ularning barqarorligi. Toshkent: TTYMI nashriyoti, 2020. – 89–135-betlar.
3. Abdurakhmanov, S. R. “Elektr stansiyalarida sinxron generatorlarning barqaror ishlashini ta’minlash omillari.” Energetika va Elektrtexnika Jurnali, 2021, №3. – 42–51-betlar.
4. Ismoilov, O. S. Elektr mashinalari: nazariya va ekspluatatsiya. Toshkent: “Iqtisod-moliya”, 2017. – 210–248-betlar.
5. Yusupov, H. N. “Energetika tizimlarida o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonlarining tahlili.” Toshkent Davlat Texnika Universiteti Ilmiy Axboroti, 2019, №2. – 63–70-betlar.

ISSN 3030-3907

7. Karimov, B. M. Elektr tizimlarida boshqaruv va rostlash usullari. Qarshi: “Nasaf”, 2016. – 98–121-betlar.
8. Shokirov, M. A. “Sinxron generatorlarda elektromexanik tebranishlar sabablari va ularni kamaytirish usullari.” O‘zbekiston Energetikasi Jurnali, 2022, №1. – 27–35-betlar.
9. Umarov, A. T. Elektr stansiyalarida avtomatik boshqaruv tizimlari. Toshkent: “Muhandis”, 2019. – 155–182-betlar.

ISSN 3030-3907