

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14499366>

СИНХРОН КОМПЕНСАТОРЛАРНИ ЭЛЕКТР ТАРМОҒИДАГИ КУЧЛАНИШНИ РОСТЛАШ УЧУН ҚЎЛЛАШ МАСАЛАСИНИ ТАҲЛИЛИ

Жобборов Б.Т.

Фарғона политехника институти,

E-mail: baxodir.jobborov@ferpi.uz

Maqolada 10 kV kuchlanishli elektr tarmoqlarida sinxron kompensatorlari qo'llanilganda tarmoqdagi kuchlanish og'ishi va tebranishlarini rostdash masalalari tahlil qilindi.

Kalit so'zlar: *Sinxron kompensator, avtomatik boshqaruv tizimi, kuchlanish tebranishi, kuchlanish og'ishi, elektr energiya sifat ko'rsatkichlari, qo'zg'atuvchi tok, tok va kuchlanishning nosinusoidalligi.*

В статье проанализировано задачи регулировки отклонения и колебания напряжения в сетях 10 кВ при применении синхронных компенсаторов.

Ключевые слова: *Синхронный компенсатор, система автоматического управления, колебания напряжения, отклонения напряжения, качественные показатели электроэнергии, ток возбуждения, несинусоидальность тока и напряжения.*

In the article, the reduction of voltage fluctuations in the network with the help of motors with an automatic control system in synchronous motors in the 10 kV electric network was analyzed in a physical model.

Keywords: *Synchronous motor, automatic control system, voltage fluctuation, quality indicators of electric power, excitation current, nonsinusoidal current and voltage.*

Электр таъминоти сифатининг муҳим кўрсаткичларидан бири–кучланишнинг барқарорлигидир. Электр энергетика тизимининг исталган нуқтасида уни керакли даражада ушлаб туриш муаммоси ҳозирги вақтда ҳам долзарб бўлиб қолмоқда. Электр энергияни муҳим сифат кўрсаткичларидан бири кучланишни ҳақиқий қиймати ҳисобланиб у истеъмолчини уланиш схемасига боғлиқ ҳолда фаза ёки линия кучланиши бўлиши мумкин.

Кириш. Ишлаб чиқариш жараёнларини жадаллаштириш, янги технологияларни такомиллаштириш ва жорий этиш натижасида вентилли ўзгартиргичлар, бир фазали ва уч фазали электр пайвандлаш ускуналари, катта қувватли электр ёй печлари, вольт–ампер тавсифи ночизикли истеъмолчилар тобора кўпроқ қўлланилмоқда. Куч трансформаторлари, магнитли кучайтиргичлар ва газ разрядли лампалар шундай хусусиятларга эга. Ушбу қурилмаларнинг хусусияти–уларнинг уланиш жойларига (қисқичларига) синусоидал кучланиш қўлланилганда тармоқдаги носинусоидал токларни истеъмол қилади. Носинусоидал ток эгри чизикларини ҳар хил частотали оддий гармоник тебранишлар мажмуасидан иборат мураккаб гармоник тебранишлар деб қараш мумкин. Тармоқ элементлари орқали ўтадиган юқори гармоника элементлар қаршилигида кучланиш пасайишига олиб келади, бу эса асосий синусоидал кучланишга қўшилиб, кучланиш синусоидаллигини бузилишига, таъминот тармоғидаги электр энергия сифати бузилишига олиб келади, яъни электр қабул қилгичларни электр таъминоти билан электромагнит мослиги муаммоси ҳосил бўлади.

Ишнинг долзарблиги. Синхрон компенсаторлар, айниқса юқори қувватлилари, таъминот тармоғидаги кучланиш тебранишларини пасайтириш учун самарали ишлатилиши мумкин. Бироқ, амалда, **компенсаторларнинг** бу хоссаси фақат кескин ўзгарувчан юкланган тармоқларда амалга оширилади. Бу ерда улар тебраниш манбалари ҳисобланади. Бундай **компенсаторлар**, қоида тариқасида, ишлаш параметрларининг ҳоссаларига таъсир кўрсатадиган кучли ишлайдиган автоматик қўзғатиш тизимлари билан жиҳозланган [1].

Тажриба ўтказилиб исботланганки, кучли таъсир қилувчи автоматик қўзғатиш тизимлари билан жиҳозланган синхрон **компенсаторлар**, кучланишнинг ўзгаришини мутаносиб ишлайдиган автоматик бошқариш тизимларига қараганда 4 баробар самарали бўлиб ва кучли тартибга солувчи автоматик бошқариш тармоқдаги кучланиш оғишлари ва тебранишларини амалда тўлиқ бартараф этишга имкон беради[2].

Синхрон компенсаторлар валида юклама бўлмаган, осонлаштирилган конструкциядаги синхрон моторларни ифодалайди. Улар реактив қувватни ишлаб чиқариш режимида (компенсаторни қўзғатилганда) ҳам ишлашлари мумкин ва ҳам уни истеъмол қилиш режимида (компенсатор тўла қўзғатилмаганда) ҳам ишлаши мумкин.

Ҳозирги пайтда қуввати 5000–160000 кВА га тенг бўлган синхрон компенсаторлар фаолият кўрсатмоқда.

Реактив энергия манбаси сифатида синхрон компенсаторлар қуйидаги афзалликларга эга: тармоқда кучланишни пасайиши натижасида компенсатор

томонидан ишлаб чиқарилаётган қувватни ортиши орқали акс этадиган ижобий ростлаш эффекти, тизим иши режимларини барқарорлигини оширадиган ва тармоқни режимлари параметрларини яхшилайдиган автоматик тарзда силлиқлик билан ишлаб чиқарилаётган реактив қувватни ростлаш имконияти, ҚТ пайтида компенсатор чўлғамларининг электродинамик ва термик мустаҳкамлиги; таъмирлаш ишларини олиб бориш билан бузилган синхрон компенсаторни тиклаш ва ишга яроқли қилиш имкониятларининг мавжудлиги.

Компенсаторлар очик ҳавода ўрнатилган бўлганлиги учун уларга кетадиган сарф–ҳаражат ҳам арзонроқдир.



1–расм. 220 кВ подстанциясининг ташқарисига ўрнатилган синхрон компенсаторлар

Кучланиш кескин ўзгариши шароитида ишлайдиган салт ишлаш режимидаги **компенсатор**ларга келсак, уларнинг кучланиш тебранишини пасайтириш қобилятини ўрганишга бир нечта тадқиқотларда [3] табиий тартибга солувчи таъсири ўрганилган, бу реактив қувват кўринишидаги реактив қаршилик пайдо бўлишидан иборат бўлиб, у синхрон **компенсатор** шиналарида кучланиш тебранишлари пайтида тебранишни камайтиради. Реактив оқимнинг ўзгарувчан компонентининг синхрон **компенсатор** билан компенсация даражаси синхрон **компенсатор** шиналаридаги компенсация қуввати ва қисқа туташув токига ва X_a'' ва X_a' бўйлама ўқи бўйлаб **компенсатор**нинг вақтинчалик қаршилигига боғлиқ. Шунингдек, синхрон **компенсатор**лар, ҳатто кўзғалишни автоматик назоратсиз ҳам, тармоқ ичидаги кучланишни маълум чегаралар ичида ушлаб туришга қодир эканлиги қайд этилган[4]. Бироқ, автоматик бошқариш тизими ёрдамида олинган режим параметрлари ёрдамида энг катта таъсирга эришиш мумкин.

Муаммо ва уларнинг ечилиши. Кучланиш тебранишини пасайтиришни самарали воситаси табиий ростловчи таъсирга эга бўлган синхрон компенсаторлардан фойдаланиш ҳисобланади.

Синхрон компенсаторнинг табиий ростлаш таъсиридан келиб чиққан ҳолда кучланиш тебраниши K_u ни пасайиши қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$K_u = \frac{1}{x'_d} - \frac{1}{x''_d} \quad (1)$$

Бу ерда:

x'_d ва x''_d – синхрон компенсаторни бўйлама ўқи бўйлаб вақтинчалик ва юқори ўтказувчанлик реактивлигининг нисбий қийматлари.

Тармоқ режимида синхрон компенсаторлардан фойдаланиш тармоқдаги қувват коэффициенти ва кучланиш даражасини оширишга, шунингдек, носимметрия ва носинусоидал кучланиш даражасини камайтиришга имкон беради, бу тесқари кетма–кетликни эквивалент қаршилиги ва гармоникалар частоталаридаги қаршиликларини камайиши билан изоҳланади.

Актив ва реактив юкламаларни зарбаларидан келиб чиқадиган кучланиш тебранишини қуйидаги формуладан фойдаланиб ҳисоблаш мумкин [5]:

$$\delta U = \frac{\Delta PR + \Delta QX}{U^2} \quad (2)$$

Бу ерда:

ΔP ва ΔQ – актив ва реактив қувватнинг ўзгариши (тўлқинлари), МВт ва Мвар;

R ва X –фазадаги актив ва реактив қаршилик, Ом;

U –линия кучланиши, кВ.

Юқоридаги формулани қуйидаги кўринишга айлантириш мумкин [6]:

$$\Delta U = \frac{(\Delta P \frac{R}{X} + \Delta Q)}{S_K \frac{Z}{X}} \quad (3)$$

Бу ерда:

S_K – кучланиш тебраниши текшириладиган тармоқ нуқтасидаги ҚТ қуввати, (MVA);

Z –тўла қаршилик, Ом.

Электр таъминоти тизими элементларини актив қаршилиги реактив қаршиликдан (кабель линиялардан ташқари) сезиларли даражада камроқ эканлигини ҳисобга олсак, юқоридаги (3) формулани соддалаштириш мумкин[7]:

$$\delta U = \pm \frac{\Delta Q}{S_K} \quad (4)$$

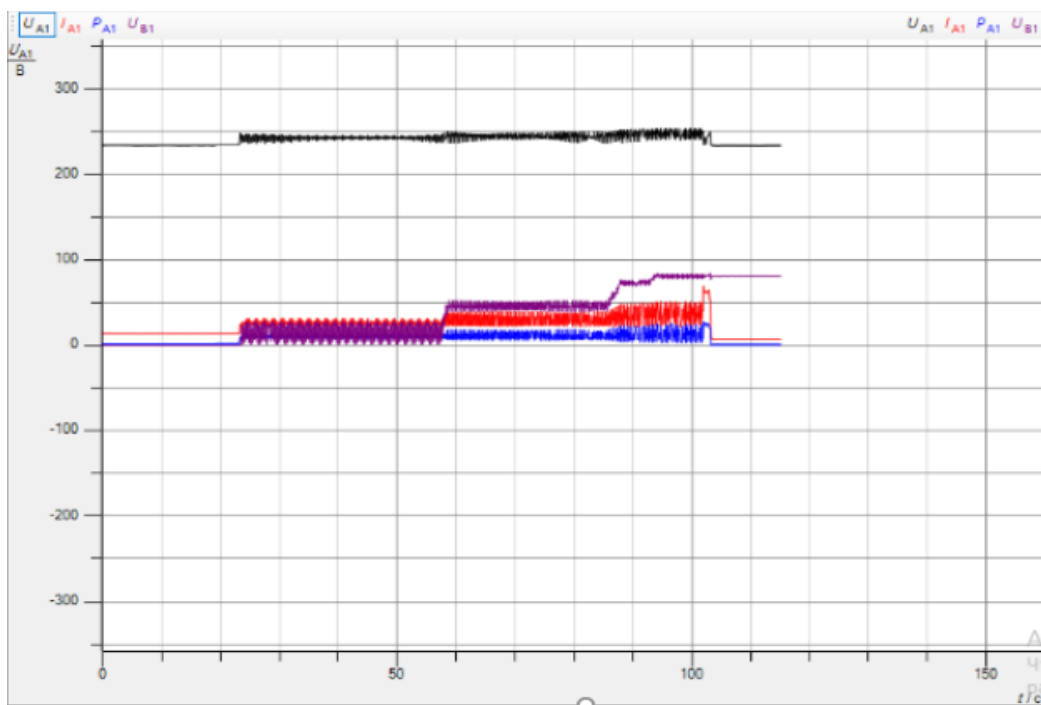
Шундай қилиб, (2) формуладан келиб чиққан ҳолда, кучланиш тебранишининг қиймати реактив қувват ва тармоқнинг қисқа туташув қуввати

билан аниқланади. Шунинг учун, кучланиш тебранишини чеклаш учун зарбали (кескин ўзгарувчан) юкламали истеъмолчилар энг катта ҚТ қувватига эга тармоққа уланиши керак.

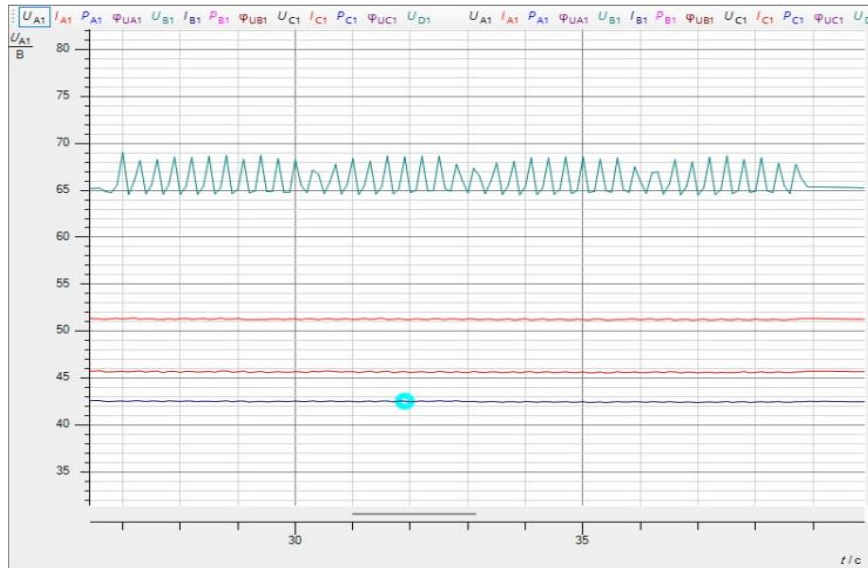
Электр ёйли пўлат эритиш печлари ва умумий цехлар юкламаси пасайтирувчи трансформаторнинг 6÷35 кВли шиналаридаги кучланиш тебраниши амалиёт учун етарли аниқлик билан юқоридаги формулалар ёрдамида аниқланиши мумкин[7].

Юқоридаги ўрганишлардан келиб чиқиб LD–DIDACTIC GMBH физик моделда ўтказилган тажрибаларда синхрон мотор билан тармоқдаги кучланиш тебранишларининг пасайиши икки хил ҳолат бўйича тажрибалар ўтказилган. Дастлабки тажрибада синхрон мотор автоматик бошқариш тизимига эга бўлмаган қўзғатиш тизимли режимда, кейинг тажрибада конденсатор сифимли тиристорли автоматик қўзғатиш тизимли режимда юргизиш вақтидаги ўткинчи жараёнидаги тармоқ параметрлари ўзгариши осциллограммаси келтирилган.

Қуйида синхрон моторларда автоматик бошқариш тизимига эга бўлмаган қўзғатиш тизимли режимда юргизиш вақтидаги ўткинчи жараёнидаги тармоқ параметрлари ўзгариши осциллограммаси келтирилган.



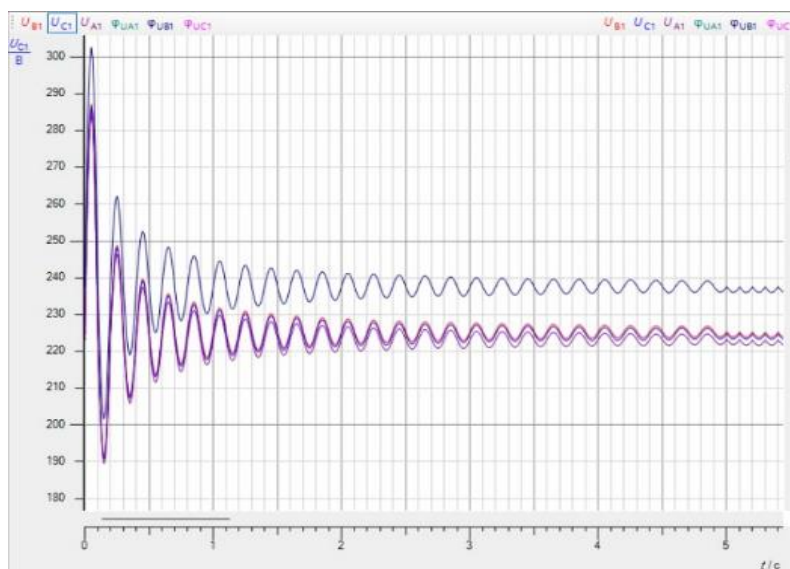
2–расм. Автоматик бошқариш тизимига эга бўлмаган синхрон моторнинг юргизиш вақтидаги ротор занжиридаги токнинг ўткинчи жараёнлари осциллограммалари



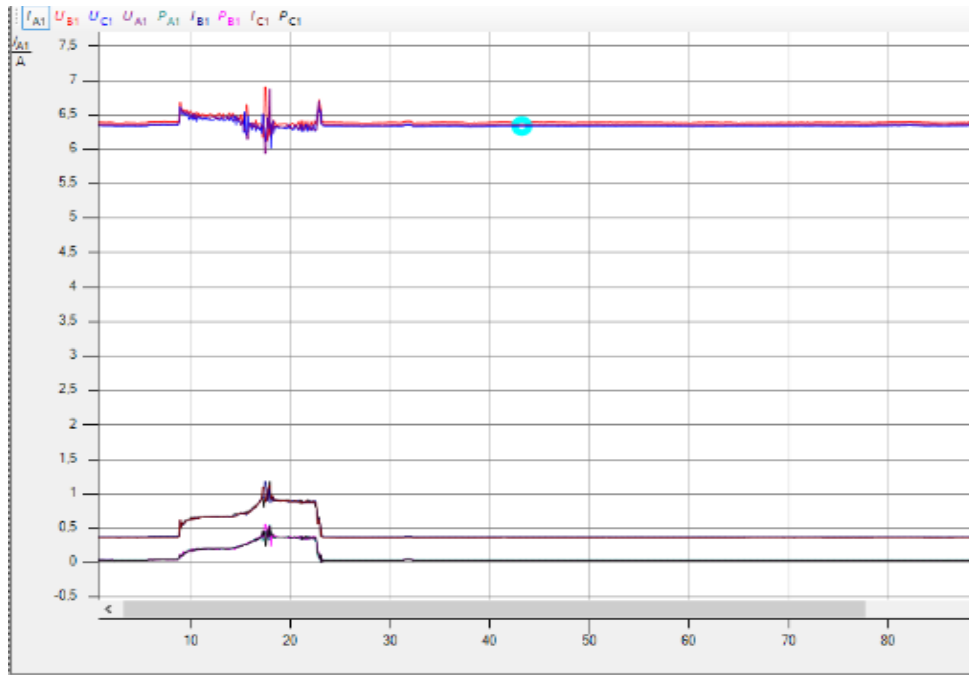
3–расм. Автоматик бошқариш тизимига эга бўлмаган синхрон моторнинг юргизиш вақтидаги ротор занжиридаги кучланишнинг ўткинчи жараёнлари осциллограммалари;

Ушбу осциллограммалардан кўринадикки автоматик бошқариш тизими мавжуд бўлмаган синхрон моторларда кучланиш тебранишини сўниш давомийлиги кўплиги ва кўзғатиш токининг қиймати кучланиш тебранишига мутаносиб равишда даврий ўзгаришини кўришимиз мумкин. Юргизиш моментидан кейинги иш режимларида юкламанинг ўзгариши билан бир қаторда кучланиш тебраниши кузатилаётганини таъкидлаш лозим.

Кейинги ўтказилган тажрибада синхрон моторнинг конденсатор сиғимли тиристорли автоматик кўзғатиш тизимли режимда юргизиш вақтидаги ўткинчи жараёнидаги тармоқ параметрлари ўзгариши осциллограммаси келтирилган.



4–расм. Конденсатор сиғимли тиристорли автоматик бошқариш тизимли синхрон моторнинг юргизиш вақтидаги ротор занжиридаги кучланишнинг ўткинчи жараёнлари осциллограммалари;



5–расм. Конденсатор сиғимли тиристорли автоматик бошқариш тизимли синхрон моторнинг юргизиш вақтидаги ротор занжиридаги токнинг ўткинчи жараёнлари осциллограммалари

Ўтказилган тажрибада автоматик бошқариш тизимли моторда юргизиш вақтдаги ҳосил бўлган кучланиш тебраниши автоматик бошқариш тизими ёрдамида 5 с да номинал ҳолатга қайтмоқда. Юргизиш моментидан кейинги кескин ўзгарувчан юклагани иш режимларида ҳам кучланиш тебранишларини номинал қийматда ушлаб туриш имконини беради.

Хулоса қилиб айтганда тажрибада синхрон моторнинг автоматик бошқариш тизими мавжуд бўлмаган тармоқларда ёки бошқа тизим ёрдамида маҳаллий кучланишни тартибга солиш, қоида тариқасида, амалий эмаслиги аниқланди. Синхрон моторларнинг қўзғатиш тизими қанча мукамал бўлса, унинг бошқариш тизими аниқлиги шунча ортиб боради ва тармоқдаги кучланиш тебранишларини пасайтириш имконини бериб, қўшимча қувват йўқотишлари ҳам мос равишда камаяди. Бу эса электр энергия сифати кўрсаткичларини номинал қийматда таъминлаш имконини яратади.

Синхрон компенсаторлар энергетик тизимларни иш режимларини ростлаш, кучланиш сатҳини оптимал қийматларида ушлаб туриш, тармоқдаги электр энергия йўқотишларини пасайтириш, ўтказувчанлик қобилятини ошириш ва энергетик тизимларни барқарорлигини таъминлаш учун қўлланилади.

Синхрон компенсаторлар бу–синхрон машиналар бўлиб, актив юкламаларсиз мотор режимида ишлайди ва тармоққа реактив ўзиб кетувчи (сифимли) ёки кеч қолувчи (индуктивли) ток ишлаб чиқариб беради.

Синхрон моторлар ёрдамида реактив қувватни ишлаб чиқаришда ўрин тутадиган актив қувват йўқотиши моторни номинал қувватига ва айланиш частотасига боғлиқ. Масалан, СДН серияли кучланиши 6 кВ ли моторлар учун. Юкланиш номинал миқдорда бўлганида, бу қиймат 0,009–0,054 кВт/кВар оралиқда бўлади ва ҳ.к.з.

Адабиётлар

1. Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети: Учебное пособие–СПб: Издательство Сизова М.П., 2004.–304 с.
2. Ю.С. Железко. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: рук. для практ. расчетов–М.: ЭНАС, 2009.–456 с.
3. Б.И.Кудрин., “Электроснабжение промышленных предприятий”, М., “Энерго–атомиздат”, 1995 г.
4. В.П.Ильяшов. Конденсаторные установки промышленных предприятий, М., “Энергия”, 1987 г.
5. Электротехнический справочник: Т.3.Производство, передача и распределение электрической энергии/Под общ. ред. профессоров МЭИ.– М.: “Издательство–МЭИ”, 2004, 964 с.
6. В.В.Красник., “Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в энергосетях предприятий”, М., “Энергоатомиздат”, 1983 г.
7. А.А.Федоров, Л.Е.Старкова, “Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования”, М., “Энергоатомиздат”, 1987 г.
8. Прищеп Л.Г. Қишлоқ электр монтажери учун қўлланма. “Ўқитувчи”, Тошкент, 1967 й.
9. Камолов С.К., Жобборов Т.К. “Саноат корхоналарининг электр таъминоти”, Фарғона, ФарПИ, 2022 й.
10. Жабборов Т.К. Реактив қувват компенсацияси. Ўқув қўлланма. Фарғона. ФарПИ, 2023 й.