

## МИКРО ГЭСЛАРДА АСИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИ ТАРМОҚҚА УЛАБ ИШЛАТИШ ИМКОНИАТЛАРИ

*Maqolada O'zbekistondagi elektr stantsiyalarining asosiy manbalari, tog'li hududlardagi kichik daryolarning salohiyati, mikrodrogen generatorlarining texnik imkoniyatlari, texnik imkoniyatlari va narxi, shuningdek kapital va foydalanish xarajatlari, shuningdek fazali rotorli asenkron generatorlari tahlil qilinadi. tavsiya etilgan Ushbu generatorlarning ba'zi nazariy asoslari induksiyon motorlari nazariyasidan farqli o'laroq berilgan.*

*Tayanch iboralar: kichik GES, asinkhron generator, sinkhron generator, qisqa tutashgan rotor, faza rotorli asinkhron generator, kapital kharazhatlar, ekspluatatsion sarflar, tavsif, elektromagnit moment.*

*В статье рекомендуется провести анализ асинхронного генератора с фазным ротором по данным первичных источников электростанций в электроэнергетической системе Узбекистана, проанализировать наличие гидроэнергетического потенциала малых рек в горных районах, структуру генераторов в микро ГЭС, которые могут быть установлены в них, возможности работы с технико-экономической эффективностью, стоимость капитальных и эксплуатационных затрат. Приведены некоторые показатели теоретических основ этих генераторов в отличие от теории асинхронных двигателей.*

*Ключевые слова: малая ГЭС, асинхронный генератор, синхронный генератор, короткозамкнутый ротор, асинхронный генератор с фазным ротором, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, характеристика, электромагнитный момент.*

Маълумки, мамлакатимизда электр энергия ишлаб чиқариш асосан иссиқлик электр станцияларида органик ёқилгини ёқиш воситасида амалга оширилади. Бунда 1 кВт·с электр энергия ишлаб чиқариш учун 0,3 куб метр табиий газ ёки 2,5 кг кўмир ёқилади [1]. Аммо бу қимматбаҳо хомашёларнинг аниқланган ер ости захиралари чексиз эмаслигини ҳам биламиз. Тикланувчан энергия манбалари (ТЭМ) негизда ишлайдиган гидравлик электр станциялар (ГЭС) ёрдамида эса юртимизда олинаётган умумий электр энергиянинг фақат 10% и ишлаб чиқарилади.

Кейинги йилларда бутун дунёдаги каби, Республикаимизнинг фан ва техника тараққиётида ҳам ТЭМдан фойдаланиш масалаларида кескин ўзгаришлар рўй бермоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012 сонли Қарорига мувофиқ 2021 йилгача бир қатор эскирган кичик ГЭСларнинг модернизацияланиши ва умумий қуввати 600 МВт дан кўпроқ бўлган янги кичик ГЭСлар қурилиши режалаштирилган. Ўзбекистон электр энергетика соҳаси фан, техника ва технологияларидаги юритилаётган ҳужжатларда Халқаро электротехник стандартлар ҳамда Мустақил Давлатлар Хамдўстлигида қабул қилинган стандартларга кўра кичик ГЭСлар қуввати 100 кВт дан юқори бўлганда мини ГЭСлар деб, ундан кичик бўлганда эса микро ГЭСлар деб юритилиши қабул қилинган.

Ҳозирги кунгача Республикаимизнинг тоғли ҳудудларида жойлашган кичик дарёларда микро ГЭСлар қуриш учун гидроэнергетик имкониятларини Европанинг «Fichtner» компанияси томонидан ўрганилиши шуни кўрсатдики [2], дарёларнинг гидроэнергетик потенциали 4 ГВт дан зиёд экан. Бу қувват ёрдамида ҳозирги кунда мавжуд станцияларда олинаётган электр энергиянинг 40% га яқин миқдорини ишлаб чиқариш имконияти мавжуд эканлигини кўрамиз. Чекка ҳудудларда электр энергия танқислигини ҳамда Ҳукуматимиз директив ҳужжатларига кўра 2030 йилгача бўлган даврда электр энергия ишлаб чиқариш миқдорини икки марта ошириш зарурлигини эътиборга олсак, ушбу потенциални ишлатиш учун микро ГЭСларнинг нархи арзон, эксплуатация қилишнинг техник жараёнларини енгиллаштириш ва сарф харажатларини камайтириш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб боришнинг қанчалар долзарб эканлигига иқдор бўламиз.

Ҳозирги кунда иқтисодиёти ривожланган давлатларда микро ГЭСлар ишлаб чиқарилиши кенг йўлга қўйилган [3]. Уларни кичик дарёларга ўрнатиб монтаж қилиш, электр энергетика тизимининг амалдаги тармоғига параллел улаш, энергияни тармоққа узатиш жараёнларининг йуриқномалари ишлаб чиқилган. Кичик ГЭС таркибиде генератор сифатида, тармоққа улаш ўта оғир кечадиган

синхрон машиналар ишлатилмоқда. Тармоққа уланиши лозим бўлган синхрон генератор (СГ) статор чулғами кучланишининг частотаси тармоқ кучланиши частотасига тенг бўлишини таъминлаш учун генератор ротори айланиш тезлигини ростлаш зарур. Бунинг учун, биринчидан, дарёда тўғон қуриб сув ҳавзасини ҳосил қилиш шарт. Иккинчидан, микро ГЭС таркибиде сув ҳавзаси ҳосил қилган сув захираси оқимини бошқариш ва маълум миқдордаги сув босимини ҳосил қилиб, турбина ротори айланиш тезлигини бошқарадиган тезлик ростлагичи бўлиши зарур.

Кичик ГЭСлар қуриш тажрибасини ўрганиб, уларни таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, тўғон қуришдаги бетон ишлари ва сув ҳавзасини ҳосил қилишдаги ерни кавлаш ишларига сарфланадиган капитал харажатлар ГЭС қурилишига сарфланадиган умумий капитал харажатларнинг 60-70% ини ташкил этади. Бундан ташқари, тезлик ростлагичининг нархи нисбатан баян бўлади. Буларнинг барчасини эътиборга оладиган бўлсак, кичик ГЭСларга сарфланадиган капитал харажатлар иссиқлик электр станциялар капитал харажатларидан 4-5 марта катта бўлади [4]. Айнан шу сабабларга кўра микро ГЭСлар капитал харажатларини кескин пайсаптириш мақсадиде улар тўғонсиз яратилиши кўплаб қўланилади. Бироқ, бундай вазиятда ГЭС киши кучланишининг частотаси ўзгармас (50 Гц) ҳолатда сақлаб бўлмайди, чунки кучланиш частотаси ротор айланиш тезлигига тўғри пропорционал. Ўз навбатида, захирадаги ҳавза суви бўлмаганлиги сабабли ротор айланиш тезлигини ўзгармас сақлашга мўлжалланган қимматбаҳо тезлик ростлагичи ҳам ишлатилмайди. Шу сабабли, чет эл давлатлари (масалан Россия Федерацияси)да, юқорида келтирилганларга нисбатан арзон ҳисобланган тўғонсиз микро ГЭСлар фақат автоном режимда, яъни электр энергетика тизими тармоғига уланмасдан, тармоқдан анча узоқда жойлашган чекка ҳудудлар ёки объектларнинг электр таъминоти учун ишлатилади. Бизнинг давлатимиз ҳудудида бундай автоном микро ГЭСларнинг тарқалмаганлигининг асосий сабаби - уларни самарали ишлатиш имкони бўлмаганлигидадир. Бундай микро ГЭСлар фақат мазкур ҳудуд ёки объект электр таъминотига хизмат қилиб, қолган вақт ишламайди, яъни табиатнинг сув ресурсини фойдаланилмайди.

Ушбу мақолада микро ГЭСларнинг капитал сарфларини пайсаптириш, техник имкониятларини ошириш (тармоққа параллел улаш) эксплуатация харажатларини камайтиришга, шу билан Ўзбекистоннинг тоғли ҳудудларида микро ГЭСларни кўплаб қўллаш мақсадига эришиш йўллари кўрсатилган.

**Алимходжаев К.Т.,**  
Islom Karimov nomidagi  
ТошДТУ, «Электр машина-  
лари» кафедраси профес-  
сори, т.ф.д.

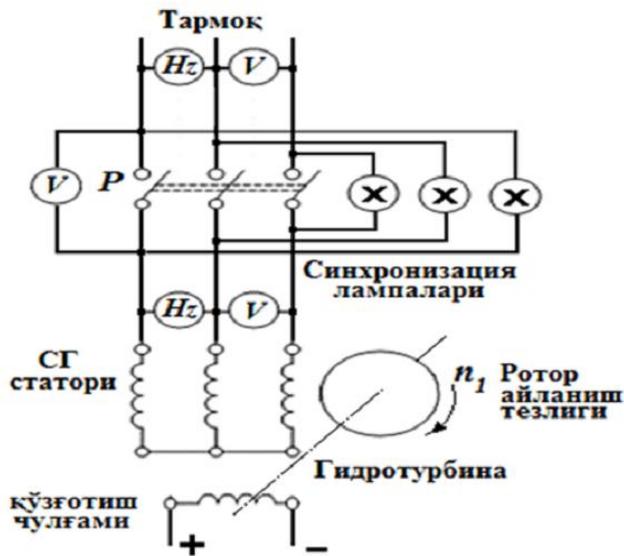


**Зоҳидов О.У.,**  
НДКИ, «Кончилик электр  
механикаси» кафедраси  
катта ўқитувчиси, Islom  
Karimov nomidagi ТошДТУ  
доктранти



**Бобоқулов А.Н.,**  
НКМК, «Бош механик»  
бўлими етакчи муҳандиси





1-расм. Синхрон генераторни ишга тушириш схемаси

Микро ГЭСларда СГлар ишлатилса, тармоқ билан параллел улаш жараёнида қуйидаги муҳим вазифаларни бажариш шарт бўлади [5]:

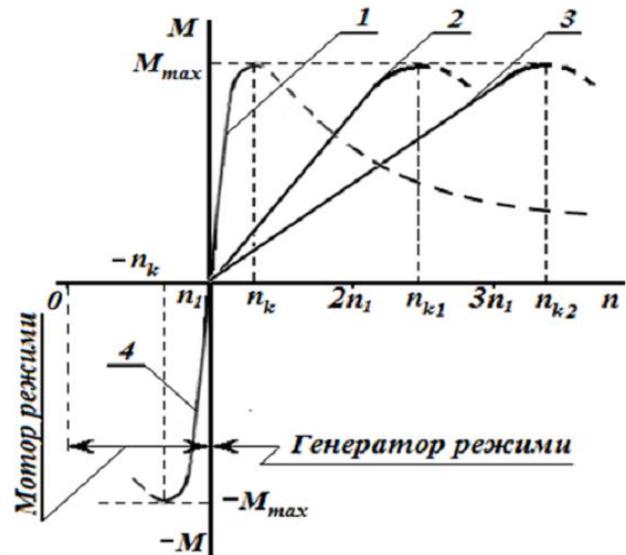
- генератор статор чулғами электр юритувчи кучи (ёки клеммаларидаги фаза кучланиши) қиймати тармоқ фаза кучланишига тенг бўлиши;
- унинг частотаси тармоқдаги кучланиш частотасига тенг бўлиши;
- генератор фазалари кетма-кетлиги тармоқ фазалари кетма-кетлиги билан бир хил бўлиши;
- СГни тармоққа улаш онидан уланувчи клеммалар орасида потенциаллар фарқи минимал бўлиши.

Бу шартларни бажаришда кучланишлар тенглиги генератор кўзғотиш чулғами токни бошқариш билан, частоталар тенглиги эса ротор айланиш тезлигини ростлаш орқали амалга оширилади. Уларни назорат қилиш учун мос равишда вольтметрлар, частотамерлар каби ўлчов асбобларидан фойдаланилади (1-расм). Синхронизациялашнинг учинчи ва тўртинчи шартларини бажариш учун эса синхронизациялаш лампаларидан фойдаланилади. Лампаларнинг схемадаги уланishiда, учинчи шарт бажарилиши учун барча лампалар биргаликда ўчиб-ёниб туриши зарур. Агар лампалар биргаликда ўчиб-ёниб, у ҳолда генераторнинг ихтиёрий икки фазаси ўрни алмаштирилади. Тўртинчи шарт бажарилишига эса лампалар ўчган онда, яъни рубильник «Р»нинг мос клеммалари орасидаги потенциаллар фарқи минимал бўлган онда эришилади - шу онда рубильник «Р» уланади ва генератор тармоқ билан синхронизацияланади. Агар рубильник уланishiда клеммалар орасида потенциаллар фарқи минимал бўлмаса, генераторнинг статор чулғамлари ва тармоқ орасида катта миқдорли зарб токи ҳосил бўлиб, чулғам жараҳатланишига олиб келиши мумкин. Шу сабабли Р улаши лозим бўлган онни тўғри аниқлаш учун унинг мос клеммаларидан бир жуфтга электромагнит турдаги вольтметр уланади ва унинг минимал кўрсаткичида генератор тармоққа уланади.

Микро ГЭСни тармоқ билан параллел ишга туширишдаги бундай мураккаб жараён, уларнинг нархининг баландлиги ҳамда автоном режимда самарасиз ишлаши ушбу ускунани ишлаб чиқаришга кўплаб тадбиқ этишга салбий таъсир этади. Айнан шу сабабларга кўра микро ГЭСлар бизнинг ҳудудларда қўлланилмай келмоқда.

Ушбу камчиликларни бартараф этиш учун биз СГ ўрнига асинхрон генератор ишлатишни таклиф этамиз.

Асинхрон генераторларни микро ГЭСлар ишида қўллаш янгилик эмас [6-8]. Бироқ, нашр этилган тадқиқотлар натижаларининг таҳлили шуни кўрсатдики, қисқа туташган роторли асинхрон мотор генератор режимда ишлатилиши кам учрайдиган яқка ҳолат бўлиб, бундай таклиф истеъмолчилар томонидан қўллаб қувватланмаган. Бунинг боиси, бошқарилмайдиган қисқа туташган роторли асинхрон машина, ҳоқ у мотор режимда, ҳоқ у генератор режимда ишласин, ротор айланиш тезлигининг нисбатан кичик диапазонда барқарор ишлаши мумкин (2-расм, 1-чирик). Чунки асинхрон машина механик тавсифининг фақат тўғри чиқиқли бўлган «ишчи зона»сида ишлаши мумкин. Масалан, машина мотор режимда тезлигининг  $(-n_k + n_1)$  диапазонида ишлаётган бўлса, ротор айланиш тезлиги ўзгариб, шу диапазон ташқарисига чиқса, у



2-расм. Асинхрон машинанинг механик тавсифлари

ҳолда мотор ишламайди, у манбадан узилмаса статор чулғамидаги катта ток сабабли ишдан чиқади.

Шунга ўхшаш, генератор режимда ҳам, сув параметрлари ўзгариши натижасида роторнинг айланиш тезлиги  $n$  «ишчи зона» диапазони  $(n_1 + n_k)$  доирасидан ташқари чиқса, генератор ишламайди. Бироқ, тоғли ҳудудлардаги кичик дарёларнинг сув параметрлари кескин ўзгариб туриш хусусиятига эга. Демак дарё сувининг параметрлари тебранишида ротор айланиш тезлигининг ўзгариш диапазони  $(n_1 + n_k)$  дан катта бўлиши шарт. Яна ҳам муҳимроғи, бунда генераторнинг электр энергетика тармоғига узатаётган қуввати ўзгармас бўлиши шарт. Бундай талаб табиат шариоитига мос равишда тоғли ҳудуд кичик дарёларига ўрнатиладиган микро ГЭСларнинг ҳар қандай шариоитда ҳам ротор айланиш тезлигини ўзгармас бўлишини ва ишончли миқдорда электр энергия ишлаб чиқаришини таъминлаш учун микро ГЭС фақат тўғонли бўлиши зарур ва демак сув оқим параметрларини бошқаришни йўлга қўйиш, генератор ротори айланиш тезлигини ўзгармас сақлаш ёки генератор механик тавсифидаги ишчи диапазонини кенгайтириш заруратини юклайди.

Биз ушбу талабларни ихобий ҳал этиш учун қуйидаги икки йўналишда ишлашни таклиф этамиз:

1. Микро ГЭС ўрнатилиши режалаштирилган шаршара сувининг бир қисмини қувур-тарнов воситасида гидротурбинага етказиш керак (3-расм). Бунда, зарур бўлса, «ГЭСга сув олиш» қисмига сув миқдорини бошқарувчи элемент ўрнатиш имкони ҳам бўлади.

2. Генератор сифатида фаза роторли асинхрон машина ишлатиш лозим.

Бундай электр станцияларда фаза роторли асинхрон генераторни ишлатиш, нафақат роторнинг айланиш тезлиги диапазонини бир неча марта оширади (2-расмда  $n_1 + n_k$  диапазони  $n_1 + n_{k2}$  гача ошади), шу билан бирга микро ГЭСни ишончли эксплуатация қилиш имкони туғилади, сув оқими параметрлари ўзгарганда ҳам тармоққа ўзгармас миқдордаги энергияни узатиш имкони яратилади.

Бундай микро ГЭС элементлари, хусусан, фаза роторли асинхрон генераторнинг назарий асослари яратилса, уларни ишлаб чиқариш технологияси ўзлаштирилса, нафақат кўплаб электр энергияни ишлаб чиқариб, узоқ ҳудудларда энергияни ишлатиш имконияти туғилади, тармоққа параллел улаш жараёни ҳам соддалаштирилади.

Маълумки, асинхрон машиналар назарияси трансформатор билан бир хил бўлган электромагнит жараёнларига асослангандир. Бундан келиб чиқиб, статор ва ротор чулғамларидаги кучланишлар ва тоқлар тенгламалари тузилади, алмаштириш схемалари қурилади ва улар асосида электромагнит момент ва механик тавсифлар аналитик ифодалари аниқланади. Бунда, трансформаторга ўхшаш тарзда, келтириш коэффициентлари қабул қилиниб, ротор чулғамининг параметрлари статор чулғами параметрларига келтирилади.

Асинхрон машина асосан мотор режимда ишлатилиши сабабли, унинг назарий асосларида фақат мотор режими кўрилган. Генератор режими эса алоҳида кўрилмасдан, мотор режими хусусий ҳоли сифатида у ёки бу ҳолатлари баёни келтирилади.



3-расм. Сув келтирилувчи кувурли Микро-ГЭС

Алماштириш схемаларини келтириб чиқаришда энг муҳим бўлган ҳолатни, яъни мотор режимида фарқи равишда, генератор режимида, актив қуваат ўз йўналишини ўзгартиришда, ротордан статорга қараб ҳаракатланишда, реактив қуваат эса, тасмақ (ёки компенсацияловчи конденсатор)дан статор чулғамига қараб йўналган бўлишини эътиборга олиш зарур. Шу билан бирга, электромагнит моментнинг ва у билан боғлиқ бўлган бошқа қўлатларнинг аналитик ифодаларида қатнашувчи сирланишнинг ҳам ишораси тесқарига ўзгартириш эътиборга олинмиш зарур. Натияжада, асинхрон генераторнинг электромагнит momenti аналитик ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$M_{эм} = \frac{m_p U_1^2 \frac{K_2}{s}}{2\pi f_1 \left\{ \left[ r_1 + c_1 \frac{K_2}{s} \right]^2 + \left[ x_1 + x_2'(s) \right]^2 \right\}} \quad (1)$$

Ушбу ифоданинг асинхрон мотор режимидаги электромагнит моментидан фарқи шундаки, сирланиш  $S = (n_1 - n) / n_1$  тарихидаги

ротор айланиш тезлиги  $n$  маъни майдон айланиш тезлиги  $n_1$  дан катта бўлганлиги сабабли ( $n > n_1$ ), сирланишнинг ишораси манфий бўлади. Ифода (1) махрамининг биринчи квадрат қавс ичидаги иккинчи йўғинди ҳам манфий ишорали бўлади. Бирок, унинг абсолют қиймати иккинчи квадрат қавс ичидаги ифода абсолют қийматидан кичик бўлгани учун, (1) ифоданинг махрами мусбат ишорали бўлади. Демак, электромагнит момент ишораси ва унинг йўналиши ўзгариб, мотордагидек айлантирувчи эмас, балки тормозловчи хусусиятга эга бўлади.

Асинхрон генератор аналитик ифодаси (1) нинг махрами тарихидаги ротор чулғамининг индуктив қаршилиги мотор режимидаги индуктив қаршиликдан фарқ қилади.

Қаршилик  $x_2 = 2\pi f_1 L_2$  ротор чулғами токнинг частотаси  $f_2$  га пропорционал бўлиб, ротор тезлиги  $n$  айланивчи магнит майдон тезлиги  $n_1$  дан фарқи ортиши билан  $x_2$  нинг микдори шунчалар ортиб боради.

Электромагнит моментнинг максимал қиймати (1) ифоданинг

сирланиш бўйича ҳосилласини  $dM_{эм} / ds = 0$  нолга тенглаштириб аниқланади:

$$M_{эм} = - \frac{m_p U_1^2}{2\pi f_1 \left\{ -r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left[ x_1 + c_1 x_2'(s) \right]^2} \right\}} \quad (2)$$

Ифода (2) дан кўринадики, ( $n > n_1$ ), тенгсизлик ортиши билан  $M_{эм}$  нинг абсолют микдори камайиб боради. Абсолют микдор  $M_{эм}$  нинг камайиши математик ифодадан аниқланса, унинг физик яросини ротор қаршилигига уланган бошқарувчи реостатнинг актив қаршилигидаги содир бўладиган қуваат ишораси ҳисобига, деб кўриш мумкин.

Юқорида келтирилган тоғли ҳудудлар кичик дарёларнинг гидро энергетик потенциали микдорлиги, халқ ҳўжалигининг электр энергияга бўлган эҳтиёжи катта эканлиги, яъни ўн йил муддатда электр энергия ишлаб чиқаришда 110 млрд. кВт·с га етказиш режаси маъқудлилиги эътиборга олиб, фаза роторли асинхрон генератори бўлган нархи ароси, эксплуатацияси кам ҳаражат ва енгил бўлган микро ГЭСларни бизнинг давлатимизда лойиҳалаш, уларни ишлаб чиқариш ва ўрнатилиши йўлга қўйиш тадбирлари бақарилса, чекка ҳудудларда юз минглаб янги иш

### Библиографик рўйхат:

1. Оценка гидроэнергетического потенциала Республики Узбекистан. Fichtner. 2003 г.
2. Узбекистан Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422 сонли қарори.
3. Албаев К.Р. Потенциал эффективных альтернативных источников энергии в Узбекской Республике. Проблемы энергии и ресурсосбережения // № 4, 2015. Ташкент. С. 34-35.
4. Копылов И.П. Электрические машины. -М.: Высшая школа, 2006 г. 246 с.
5. Джундубаев А.З. Автономные асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением (развитие теории и практики). Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. д.т.н. -М.: 2007. - 24 с.
6. Пантелеева Л.А. Повышение эффективности работы асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором. дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н., Ижевск. 2012. - 21 с.

"DORMY YEZITNIK UZBEKISTANA", 2020, №1 (88) pp. 106-108

### NETWORK GENERATOR OF MICRO-HYDROELECTRIC POWER STATION

\*Alimkhodjaev K.T., Professor, Department of Electrical Machines, k.alimkhodja@mail.ru  
 \*Zokhidov O.U., doctoral student, Tashkent State Technical University, odil\_bosib85@mail.ru  
 \*Bobokulov A.N., Leading engineer of the department "Chief mechanic", avazbeibobokulov@ngmk.uz  
 †Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Almalyk, Uzbekistan  
 †Novoi Mining and Metallurgical Combinat, Novoi, Uzbekistan

#### Abstract:

The article is to analyze the asynchronous generator with wound rotor, according to primary sources power plants in the power system of Uzbekistan, to analyze the availability of hydropower potential of small rivers in mountainous areas, the structure of the generators in micro-hydro power, which can be installed in them, the ability to work with technical and economic efficiency, the cost of capital and operating costs. Some indicators of the theoretical foundations of these generators in contrast to the theory of asynchronous motors are given.

**Keywords:** small hydroelectric power station, asynchronous generator, synchronous generator, short-circuited rotor, asynchronous generator with phase rotor, capital costs, operating costs, characteristic, electromagnetic moment.

#### References

1. Assessment of the hydropower potential of the Republic of Uzbekistan. Fichtner. Two thousand three.
2. Decree of the president of the Republic of Uzbekistan on measures to ensure more effective organization of the process of acquisition of rights over land parcels and other immovable property as part of the South Caucasus pipeline expansion project more.
3. Alibayev K. R. Potential of effective alternative energy sources in the Uzbek Republic. Problems of energy and resource saving // no. 4, 2015. Tashkent. pp. 34-36.
4. Kopylov I. P. Electric machines. - Moscow: Higher school, 2006. 246 p.
5. Djundubayev A. Z. Autonomous induction generators with capacitor excitation (theory and practice). Abstract. Diss. on the floor. academic step. doctor of technical Sciences-Moscow: 2007. - 24 p.
6. Pantereveva L. A. Improving the efficiency of an asynchronous generator with a short-circuited rotor. Diss. on the floor. academic step. Ph. D., Izhevsk. 2012. - 21 p.