

TÁBIYIY HÁM TEXNIKALÍQ ILIMLER

Fizika-matematika. Texnika. Informatika

ЙИГИРИШ АГРЕГАТЛАРИ ЭЛЕКТР ЮРИТМАСИНИ РОТОРНИНГ ВАҚТ ДОИМИЙСИ ЎЗГАРИШИГА МОСЛАШТИРИШ

Н.М.Арипов – профессор

Тошкент давлат транспорт университети

Б.М.Тожиёв – таянч докторант

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

Таянч сўзлар: йигириш агрегатлари электр юритмаси, ротор вақт доимийси, тезлик ҳолати датчиги, асинхрон электр юритманинг векторли бошқариш тизими, ротор занжирининг вақт доимийси.

Ключевые слова: электропривод прядильных агрегатов, постоянная времени ротора, датчик состояния скорости, векторная система управления асинхронным электроприводом, постоянная времени роторной цепи.

Key words: spinning unit electric drive, rotor time constant, velocity state sensor, asynchronous electric drive control vector system, rotor circuit time constant.

Кириш. Йигириш агрегатларида қулланиладиган тезлик вазият датчигига эга асинхрон электр юритмани векторли бошқариш тизимининг хусусиятлари ротор занжирининг вақт доимийсига сезиларли даражада боғлиқ. Роторнинг вақт доимийси T_r бу ўзгармасга таъсир этувчи асосий омил чулғам актив қаршилигининг ҳарорат ўзгаришидир (двигателнинг ишчи ҳарорат диапазонида 50% гача). Роторнинг вақт доимийси T_r ўзгаришига мослашишнинг қуйидаги усуллари маълум:

1) Статор кучланишлари ва тоқлари тўғрисидаги маълумотлар асосида статор занжири тенгламалари бўйича ротор ЭЮКнинг қўшимча баҳосини ҳисоблаш ёрдамида мослаштириш усулининг камчиликлари:

– статорнинг актив қаршилиги R_s , га боғлиқлик, у ҳам ҳарорат функцияси ҳисобланади;

– кичик тезликларда унинг аниқлиги пасайиши туфайли мослашувнинг чекланган таъсир доираси (чунки $E_r \rightarrow 0$);

– тезлик ҳолат датчигисиз юритмада қўллашнинг имкони йўқлиги;

– кичик юклама режимларида мослашиш аниқлигининг пастлиги;

2) Реактив қувватни ҳисоблаш асосида мослаштириш (энергетик ёндашув). У статорнинг активлик қаршилиги R_s , га нисбатан инвариант бўлиб, тезлик ҳолат датчиги бўлмаган юритмаларда қўлланилиши мумкин ва валнинг ноль тезлигигача мослашиш алгоритмининг ишлашини таъминлайди;

3) Махсус тест сигналлари билан қақчиланган ёки юритманинг табиий ишлаш жараёнида юзага келган маълум динамик ёки квазистатик иш режимларида юритма реакциясини таҳлил қилиш асосида мослаштириш;

4) Кенгайтирилган ночизикли (ёки бичизикли) ҳолат кузатувчиларини қуриш асосида мослашиш;

5) Эталон модели ночизикли адаптив кузатувчилар асосида мослаштириш;

6) Статик иш режимлари учун АД математик моделидан олинган роторнинг вақт доимийси T_r , учун аналитик ифода асосида мослаштириш.

Юқорида келтирилган юритмани роторнинг вақт доимийси T_r ўзгаришига мослаштириш алгоритмини кўриб чиқамиз.

Адабиётлар таҳлили. Юқорида келтирилган усуллардан бири энергетик ёндашувни кўриб чиқамиз [1, 2, 3, 4]. Унда роторнинг электр магнит оқими илашиши Ψ_r ҳамда статор кучланишлари ва тоқлари тўғрисидаги маълумотлар бўйича ҳисобланадиган АД реактив қуввати ўртасидаги боғлиқликдан фойдалани-

лади. Йигириш агрегатларида ишлатиладиган АД статори ва ротор занжирларига нисбатан ёзилган тенгламалари статорга нисбатан қўзғалмас бўлган координаталар тизимида статор токи ва ротор оқимларининг илашмалари қуйидаги кўринишга эга [5, 6, 7].

$$\vec{U}_s = R_s \vec{I}_s + \sigma L_s \frac{d\vec{I}_s}{dt} + \frac{L_m}{L_r} \frac{d\vec{\Psi}_r}{dt}; \quad (1)$$

$$\frac{d\vec{\Psi}_r}{dt} = \frac{R_r}{L_r} \vec{\Psi}_r + L_m \frac{R_r}{L_r} \vec{I}_s + j\omega_r \vec{\Psi}_r. \quad (2)$$

Оний реактив қувват тенгламаси:

$$q = \frac{3}{2} \vec{U}_s \cdot \vec{I}_s; \quad (3)$$

Тадқиқот методологияси.

Реактив қувват учун ифодани (1), (2), ундан статор кучланиши векторини чиқариб ташлаш учун (2) дан статор тоқини ифодалаймиз:

$$\vec{I}_s = \frac{L_r}{L_m R_r} \left[\frac{d\vec{\Psi}_r}{dt} + \frac{R_r}{L_r} \vec{\Psi}_r - j\omega_r \vec{\Psi}_r \right], \quad (4)$$

Соддалаштириш учун (1) ва (4) ифодаларни (3) га қўямиз. Мураккаб бўлмаган ўзгартиришлардан сўнг қуйидагини оламиз:

$$\frac{2}{3} q = \sigma L_s I_s^2 \omega_i + \frac{1}{L_r} \Psi_r^2 \omega_\psi + \frac{\omega_r}{R_r} \frac{d\Psi_r}{dt} \Psi_r, \quad (5)$$

бунда ω_i – статор токи векторининг оний айланиш частотаси.

$\Psi_r = \text{const}$ қонуни бажарилганда, одатда векторли бошқариш тизимларида тезлигини ростлаш биринчи зонада амалга оширилади, бунда биз қуйидагига эга бўламиз

$$\frac{2}{3} q = \sigma L_s I_s^2 \omega_i + \frac{1}{L_r} \Psi_r^2 \omega_\psi. \quad (6)$$

Шуни таъкидлаш керакки, (5) ва (6) ифодалар R_s, R_r, ω_r га боғлиқ эмас. ω_i ни баҳолаш статор токи векторининг бурчак ҳолати ҳақидаги маълум маълумотлар асосида амалга оширилиши мумкин. Бироқ, жараёнлар бошқарувчи таъсирларнинг шаклланиши нисбатан секин иссиқлик ўзгариши жараёнлари билан вақт бўйича тақсимланган роторнинг вақт доимийси T_r ва мос равишда мослашиш контурининг талаб қилинадиган динамикаси билан $\omega_i = \omega_\psi$, деб қабул қилиш мумкин, бу, қатъий қилиб айтилганда, фақат юритманинг барқарор иш режимларида бажарилади.

Статор ва роторнинг сочилиш индуктивликлари эътиборга олинмаса, (5) тенглама қуйидаги кўринишдаги тенгламага айланади:

$$\frac{2}{3}q = \frac{1}{L_m} \Psi_m^2 \omega_\psi + \frac{\omega_r}{R_r} \frac{d\Psi_m}{dt} \Psi_m$$

$\Psi_m = const$ ёки шарт бўлганда

$$\frac{2}{3}q = \frac{1}{L_m} \Psi_m^2 \omega_\psi,$$

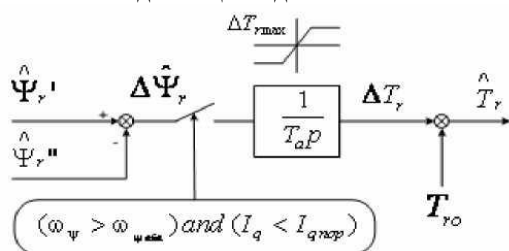
бу ерда Ψ_m – магнитланиш занжирининг оқим илашиши.

T_r (R_r) баҳоси оғиш бўйича ростлагич чиқишида ёки (3), (6) тенгламалар ва ротор занжирининг (2) тенгламалари бўйича икки хил усулда ҳисобланган роторнинг оқими илашиши (реактив қувват) ҳақидаги маълумотларни қайта ишлаш асосида очик ҳисоблаш контурида амалга оширилади.

Тахлил ва натижалар. Ротор занжирининг (2) тенгламаларига мувофиқ, роторнинг вақт доимийси T_r идентификатсияланишининг зарурий шarti статор токининг ҳеч бўлмаганда кичик актив ташкил этувчисининг мавжудлигидир. Шу муносабат билан, бу Ерда $I_q \prec I_{q_{nop}}$, – статор токининг актив ташкил этувчисининг маълум бир чегаравий қиймати, $I_{q_{nop}}$ мослаштириш алгоритмининг ишлаши тўхтади ва роторнинг вақт доимийси T_r ўз қийматини ўзгаришсиз сақлайди.

Мослаштириш алгоритмининг тўғри ишлашининг кўшимча шarti майдон частотасининг бирор бўсағавий қийматдан ошиши $\min \omega_\psi > \omega_{\psi min}$.

Роторнинг вақт доимийси T_r ўзгаришига мослашиш алгоритмини амалга ошириш вариантларидан бирининг тузилмавий кўриниши 1-расмда келтирилган. T_a – ростлагичнинг вақт доимийси бўлиб, мослашиш контурининг динамик хусусиятларини белгилайди. T_t – ротор чулғамининг кизиш вақт доимийси у $T_r < T_a < T_t$, T_t шартдан танланади, T_{r0} – ротор вақт доимийсининг бошланғич қиймати у двигателнинг техник маълумотларидан ҳисоблаш йўли билан ёки автоматик созлаш натижасида аниқланади.



1-расм. T_r ўзгаришига мослаштиришнинг тузилма схемаси

Юритмани ротор вақт доимийсининг ўзгаришига мослаштиришнинг бошқа самарали усули статик иш режимларида АДнинг математик моделидан олинган роторнинг вақт доимийси T_r учун аналитик ифода асосида мослаштиришдир. Симметрик жараёнларнинг

Адабиётлар

1. Арипов Н.М., Тожиев Б.М., Отажонов М.К. Ўйгириш машиналарининг частотавив асинхрон электр юритмани махсус интеллектуал иш режимлари. // Ўзбекистон тўқимачилик журнали, 2023, (№17) № 4, 54-60-б.
2. Арипов Н.М., Тожиев Б.М. Интеллектуальные режимы работы асинхронных электроприводов с частотным и векторным управлением. // Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, 2024. 28 том, №6, 223-226-б (05.00.00; №20).
3. Виноградов А.Б. Адаптивная система векторного управления асинхронным электроприводом. А.Б.Виноградов, В.Л.Чистосердов, А.Н.Сибирцев. // Электротехника. 2003, №7. – С. 7-17.
4. Виноградов А.Б., Сибирцев А.А., Колодин Ю.И. Адаптивно-векторная система бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ. // Силовая электроника. 2006, №3. – С. 46-51.
5. Шрейнер Р.Т., Калыгин А.И., Кривовяз В.К., Шилин С.И. Система векторного управления асинхронным электроприводом. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010, №3-1. – С. 101-108.
6. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика). ООО «Гамем», 2015. – С. 72.
7. Федяева Г.А., Смородова Т.В., Кочевин Д.В., Конохов Д.В. Частотно-токовая система релейно-векторного управления асинхронным электроприводом механизма передвижения мостового крана. // Вестник БГТУ. 2015, №4(48). – С. 91-99.

хусусий ҳолати учун фойдаланиш қулайроқ тенгламаси сифатида Парк-Горик тенгламалар тизимини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} \vec{U}_s &= R_s \vec{I}_s + \frac{d\vec{\Psi}_s}{dt} + j\omega_k \vec{\Psi}_s; \quad 0 = R_r \vec{I}_r + \frac{d\vec{\Psi}_r}{dt} + j(\omega_k - \omega) \vec{\Psi}_r; \\ \vec{\Psi}_s &= L_s \vec{I}_s + L_m \vec{I}_r; \quad \vec{\Psi}_r = L_r \vec{I}_r + L_m \vec{I}_s; \quad M = \frac{3}{2} Z_p \frac{L_m}{L_r} \vec{\Psi}_r \cdot \vec{I}_s; \end{aligned}$$

$$\frac{J}{Z} \frac{d\omega}{dt} = M - M_c.$$

Ушбу тенгламалар тизимини алмаштириш орқали қуйидаги ифодани ҳосил қилиш мумкин:

$$T_r = \frac{R_s I_s - U_s \cos \varphi_{ui}}{\omega_{ck} (\omega_0 \sigma L_s I_s + U_s \sin \varphi_{ui})} \quad (7)$$

бу ерда ω_{ck} – киритик сирпаниш частотаси; ω_0 – майдоннинг айланиш частотаси;

φ_{ui} – Статорнинг кучланиш ва ток векторлари орасидаги бурчак.; U_s , I_s – статорнинг кучланиш ва ток векторларининг модуллари бунда тригонометрик функциялар кучланиш ва ток векторларининг проекциялари орқали ифодаланиши мумкин. Масалан, d , q ўқларида

$$\sin \varphi_{ui} = \frac{U_d I_q - U_q I_d}{U_s I_s}; \quad \cos \varphi_{ui} = \frac{U_d I_d - U_q I_q}{U_s I_s};$$

Роторнинг вақт доимийси T_r га ўхшаб, статика тенгламаларидан двигателнинг иш жараёнида ўзгарадиган бошқа параметрлари ҳам ҳисобланиши мумкин, масалан, статорнинг индуктивлигини аниқлаш учун қуйидаги ифодадан фойдаланиш мумкин:

$$L_s = \frac{[-U_s + R_s I_s \cos \varphi_{ui} - \omega_{ck} (\omega_0 \sigma L_s I_s \cos \varphi_{ui} + R_s I_s \sin \varphi_{ui}) T_r]}{\omega_0 I_s \sin \varphi_{ui}} \quad (8)$$

Хулоса. Ўйгириш агрегатлари электр юритмасини ротор вақт доимийси тезлик ҳолати датчигига эга асинхрон электр юритма векторли бошқариш тизимининг хусусиятлари ротор занжирининг вақт доимийсига сезиларли даражада боғлиқ. (7) ва (8) – ифодаларни қўллашда, параметрларнинг ўзгаришига мослашиш мақсадида, ҳисоблаш алгоритмига қуйидаги кўшимча чекловлар қўйилиши кераклигини ёдда тутиш керак:

- сирпаниш частотаси ва майдон частотаси нолдан фаркли бўлиши керак;
- мослаштириш алгоритмидан параметрларни баҳолашда йўл қўйиб бўлмайдиган хатоларга олиб келиши мумкин бўлган динамик режимлар чиқариб ташланиши керак.

РЕЗЮМЕ. Ёйгириш агрегатлари асинхрон электр юритмаси векторли бошқариш тизимининг хусусиятлари ротор занжирининг вақт доимийси, статор кучланишлари, реактив қувватни ҳисоблаш, ушбу кўрсаткичларга аналитик ифода асосида мослаштириш кўриб чиқилди.

РЕЗЮМЕ. Рассмотрены особенности векторной системы управления асинхронным электроприводом прядильных агрегатов, постоянная времени роторной цепи, напряжения статора, расчет реактивной мощности, адаптация этих показателей на основе аналитического выражения.

SUMMARY. The features of the vector control system for the asynchronous electric drive of spinning units, the time constant of the rotor circuit, the stator voltage, the calculation of reactive power, and the adaptation of these indicators based on an analytical expression are considered.

ФОРМИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ГРАФИТА МПГ-6 В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Д.Ж.Асанов – ассистент преподаватель

А.Ж.Сайпназарова – магистрант

Н.Р.Давлетова – магистрант

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза

Таянч сўзлар: суюқликда лазер абляцияси, углерод нанозаррачалари, МПГ-6 графити, сканерловчи электрон микроскопия, Раман спектроскопияси, морфология.

Ключевые слова: лазерная абляция в жидкости, углеродные наночастицы, графит МПГ-6, сканирующая электронная микроскопия, Рамановская спектроскопия, морфология.

Key words: laser ablation in liquid, carbon nanoparticles, MPG-6 graphite, scanning electron microscopy, Raman spectroscopy, morphology.

Введение. Углеродные наночастицы (УНЧ) представляют значительный интерес благодаря высокой химической стойкости, развитой поверхности и широким возможностям применения в электронике, биомедицине, энергетике и каталитике. Среди физических методов их получения особое место занимает импульсная лазерная абляция в жидкости (ИЛАЖ), позволяющая формировать наночастицы высокой чистоты без использования прекурсоров и обеспечивать контроль их характеристик за счёт варьирования параметров лазерного излучения. Суть метода заключается в воздействии высокоэнергетических импульсов на углеродную мишень, погружённую в жидкость, что приводит к испарению вещества и конденсации наночастиц в растворе. Использование дистиллированной воды исключает контаминацию посторонними примесями, а применение графита марки МПГ-6 обеспечивает стабильность процесса и получение наночастиц различной морфологии. ИЛАЖ обладает рядом преимуществ: экологичность, стерильность, высокая скорость синтеза и возможность направленного управления размерами и структурой образующихся наночастиц.

Цель настоящей работы состояла в исследовании морфологии и структурных характеристик УНЧ, синтезированных из графита МПГ-6 в дистиллированной воде методом ИЛАЖ, а также в изучении влияния параметров лазерного излучения на размерный состав и фазовые модификации материала.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проводились с использованием Nd:YAG-лазера LS-2134D ($\lambda = 1064$ нм) в двухимпульсном режиме (интервал 3 мкс, длительность 10 нс, частота 10 Гц, энергия 0,05 Дж/импульс). Плотность мощности изменялась в диапазоне $(1,3-2) \cdot 10^7$ Вт/см², время облучения составляло 30-90 мин. Морфология наночастиц исследовалась методом РЭМ (S-4800), структурные изменения - методом КРС (лазер 532 нм). Морфология углеродных наночастиц и поверхности мишени Импульсное лазерное воздействие оказывает выраженное влияние на поверхность графитовой мишени марки МПГ-6.

Результаты и их обсуждение. В результате облучения наблюдается формирование кратера с

неоднородным рельефом и развитой пористой структурой (рис. 1). Данные изменения отражают протекание интенсивных термических и механических процессов, сопровождающих абляцию. Высокая плотность энергии лазерного излучения приводит к локальному плавлению и последующему быстрому переохлаждению материала в жидкой фазе. Вследствие этого на поверхности мишени образуются зоны с различной степенью разрушения: микротрещины, пористые участки и локальные дефекты. Такие структуры являются характерным признаком эрозивных процессов и подтверждают неравномерность теплового воздействия. Формирование пористого рельефа играет важную роль в механизме генерации углеродных наночастиц. Испарившийся материал конденсируется в растворе, образуя частицы различного размера и формы. Дополнительная модификация поверхности создаёт активные центры, которые ускоряют дальнейший абляционный процесс. Таким образом, морфологический анализ поверхности МПГ-6 демонстрирует высокую энергоёмкость и сложность процессов, определяющих формирование УНЧ.

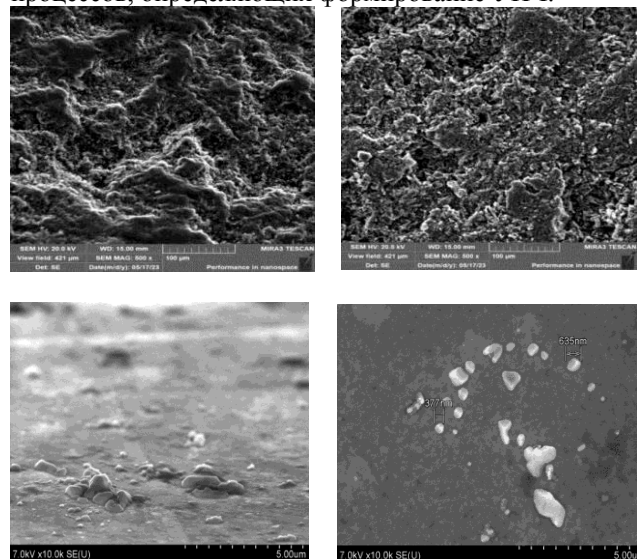


Рис. 1. Сравнение морфологии поверхности МПГ-6 до и после обработки лазерной абляцией.