

6-1-2020

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE NEW MAGNETIC MODULATING DC DIFFERENCE CONVERTER

Sultan Fayzullayevich Amirov

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan

Sarvarbek Xamrayevich Jumaboyev

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan, jumaboyev@tashiit.uz

Nurilla Raxmatullaevich Yuldashev

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit>



Part of the [Transportation Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Amirov, Sultan Fayzullayevich; Jumaboyev, Sarvarbek Xamrayevich; and Yuldashev, Nurilla Raxmatullaevich (2020) "DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE NEW MAGNETIC MODULATING DC DIFFERENCE CONVERTER," *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*: Vol. 16 : Iss. 2 , Article 14. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit/vol16/iss2/14>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК (UDC) 625.175

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE NEW MAGNETIC MODULATING DC DIFFERENCE CONVERTER

Амиров С.Ф.¹, Жумабоев С.Х.¹, Юлдашев Н.Р.¹.
Amirov S.F.¹, Jumaboyev S.X.¹, Yuldashev N.R.¹.

¹ – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
(Ташкент, Узбекистан)

¹ – Tashkent Institute of Railway Engineers (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: It is shown that when a jump-like differential current is applied to the input of the transducer, its transient response consists of the sum of one steady-state and two free harmonic components with a frequency equal to double the modulation current frequency, the free components of which decay with rates depending on the time constants, respectively, the measuring and modulation magnetic circuit, and when a pulsating differential current with a frequency ω_x is applied to the input of the converter, the transient response consists of the sum of one harmonic steady-state component with a frequency equal to the modulation current frequency (ω_m) and two harmonic free components with frequencies equal to $(2\omega_m + \omega_x)$ and $(2\omega_m - \omega_x)$ and damped at rates depending on the values of the time constants, respectively, in the measuring and modulation magnetic circuits.

Key words: differential direct current, magnetic modulating Converter, modulation circuit, three-circuit magnetic circuit, measuring circuit, unbalanced three-phase current, dynamic characteristic, transient characteristic.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВОГО МАГНИТОМОДУЛЯЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РАЗНОСТИ ПОСТОЯННЫХ ТОКОВ

Аннотация: В статье исследованы динамические характеристики нового магнитомодуляционного преобразователя разности постоянных токов. Показано, что при подачи на вход преобразователя скачкообразного разностного тока, его переходная характеристика состоит из суммы одного установившегося и двух свободных гармонических составляющих с частотой, равной двойной частоте тока модуляции, свободные составляющие которых затухают со скоростями, зависящими от величин постоянных времени, соответственно измерительной и модуляционной магнитной цепи, а при подачи на вход преобразователя пульсирующего разностного тока с частотой ω_x , переходная характеристика состоит из суммы одного гармонического установившегося составляющего с частотой, равной частоте тока модуляции (ω_m) и двух гармонических свободных составляющих с частотами, равных соответственно $(2\omega_m + \omega_x)$ и $(2\omega_m - \omega_x)$ и затухающиеся со скоростями, зависящими от величин постоянных времени, соответственно измерительной и модуляционной магнитных цепях.

Ключевые слова: разностный постоянный ток, магнитомодуляционный преобразователь, модуляционная цепь, трехконтурная магнитная цепь, измерительная цепь, несимметричный трехфазный ток, динамическая характеристика, переходная характеристика.

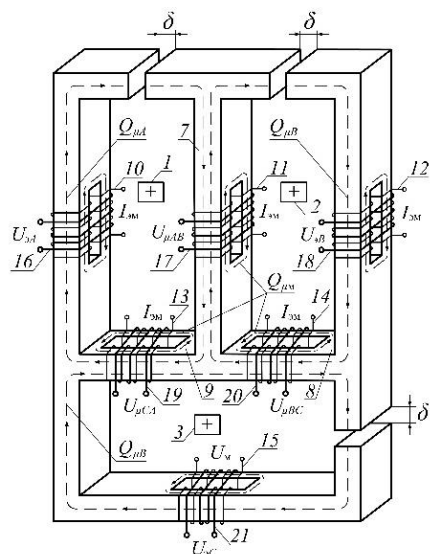
ЎЗГАРМАС ТОКЛАР ФАРҚИНИ ЎЛЧОВЧИ ЯНГИ МАГНИТОМОДУЛЯЦИОН ЎЗГАРТИРГИЧНИНГ ДИНАМИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

- Аннотация:** Мақолада ўзгармас тоқлар фарқини ўлчовчи магнитомодуляцион ўзгартиргич динамик характеристикалари тадқиқ этилган. Ўлчаш қурилмаси киришига сакраб ўзгарадиган тоқлар фарқи берилганда қурилма чиқишидаги ўткинчи кучланиш частотаси иккиланган модуляция частотасига тенг бўлган турғун ва амплитудалари мос равишда ўлчаш ва модуляция магнит занжирлари вақт доимийларига боғлиқ ҳолатда экспоненциал сўнувчи иккита эркин гармоник ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлиши, ўлчаш қурилмаси киришига ω_x частотали пульсацияланувчи ток берилганда эса қурилма чиқишидаги ўткинчи кучланиш частотаси модуляцияловчи занжир токи частотаси (ω_m) га тенг бўлган турғун ва амплитудалари ўлчаш ва модуляция магнит занжирлари вақт доимийларига боғлиқ равишда экспоненциал сўнувчи, частоталари эса мос равишда $(2\omega_m + \omega_x)$ ва $(2\omega_m - \omega_x)$ га тенг бўлган иккита эркин гармоник ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлиши аниқланган.
- Калит сўзлар:** Ўзгармас тоқлар фарқи, магнитомодуляцион ўзгартиргич, модуляция занжири, учта контурли магнит занжири, ўлчаш занжири, носимметрик уч фазали ток, динамик характеристика, ўткинчи характеристика.

Маълумки, электрлашган темир йўл тизимидаги бир фазали тортиш юкламаси ташқи уч фазали элект таъминоти тизими учун носимметрия манбаи ҳисобланади [1]. Металлургия саноатида эса бир нечта шиналардан ўтувчи катта ўзгармас тоқларнинг бир-биридан фарқ қилиши электролиз жараёнининг сифат кўрсаткичларига салбий кўрсатади [2]. Шунинг учун ҳам уч фазали ўзгарувчан ток занжирларидаги тоқлар носимметриясини ва кўп шинали ўзгармас ток занжирларидаги тоқлар фарқини юқори аниқликда ўлчаш муҳим ва долзарб муаммолардан бири ҳисобланади.

Институтимизнинг “Темир йўллар электр таъминоти” кафедрасида уч фазали тоқлар носимметриясини ёки шиналардаги ўзгармас тоқлар фарқини ўлчовчи электромагнит ўзгартиргич (ЭМЎ)нинг янги конструкцияси ишлаб чиқилди (1- расм) [3]. Ўлчаш қурилмаси (ЎҚ) уч фазали тоқлар носимметриясини ёки учта шинадан ўтаётган катта ўзгармас тоқлар фарқини ўзгарувчан кучланишга пропорционал ўзгартириб бериши мумкин. ЎҚ катта қийматли ўзгармас тоқлар фарқини ўлчашга мўлжалланганда унинг модуляция чулғамлари саноат частотали ўзгарувчан ток манбаидан таъминланиши натижасида ҳар бир модуляция занжирида $Q_{\mu m}$ қийматли ўзгарувчан магнит оқими ҳосил қилинади. 1, 2, 3 шиналардан ўзгармас тоқлар ўтганда уч контурли магнит ўтказгичнинг ёндош бўлмаган стерженларида $Q_{\mu A}$, $Q_{\mu B}$, $Q_{\mu C}$ магнит оқимлари, ёндош стерженларида эса $\Delta Q_{\mu AB} = Q_{\mu A} - Q_{\mu B}$, $\Delta Q_{\mu BC} = Q_{\mu B} - Q_{\mu C}$, $\Delta Q_{\mu CA} = Q_{\mu C} - Q_{\mu A}$ магнит оқимлари фарқлари ҳосил бўлади. Шиналардаги тоқлар ўзаро тенг бўлганда $Q_{\mu A} = Q_{\mu B} = Q_{\mu C}$ бўлиб, ёндош стерженлардаги магнит оқимларининг фарқлари нолга тенг, яъни $\Delta Q_{\mu AB} = 0$, $\Delta Q_{\mu BC} = 0$, $\Delta Q_{\mu CA} = 0$ бўлади. Натижада ёндош бўлмаган стерженлардаги ўлчаш чулғамларида модуляцияланган магнит оқимларидан пайдо бўладиган кучланишлар мос шинадан ўтаётган ток катталигига пропорционал бўлади, ёндош стерженлардаги ўлчашчулғамлари чиқишларидаги сигналлар эса нолга тенг бўлади.

Агар шиналардаги тоқлар катталиги ўзаро (ёки улардан биттасидаги ток бошқаларидаги тоқлардан) фарқ қилса, у ҳолда тегишли ёндош стерженлардаги ўлчаш чулғамларининг чиқишларида иккита ёндош шиналардаги тоқлар фарқига пропорционал бўлган сигналлар ҳосил бўлади.



1-расм. Уч фазали тоқлар носимметриясини ўлчовчи янги электромагнит ўзгартиргич конструкцияси: 1, 2,3 –тоқли шиналар; 4, 5, 6 ва 7, 8, 9 – уч контурли магнит ўтказгичнинг мос равишда ёндош бўлмаган ва ёндош стерженлари; 10, 11, 12 ва 13, 14, 15 – ёндош бўлмаган ва ёндош стерженлардаги модуляция чулғамлари; 16, 17, 18 ва 19, 20, 21 – мос равишда ёндош ва ёндош бўлмаган стерженлардаги ўлчашчулғамлари; δ - ёндош бўлмаган стерженлардаги ҳаво оралиқлари

Яратилган ЎҚ уч фазали ўзгарувчан ток занжирларида ўрнатилганда ёндош ва ёндош бўлмаган стерженлардаги ўлчаш чулғамлари ўзаро очиқ учбурчак усулида уланади, модуляция чулғамлари эса тегишли ток манбаидан узиб қўйилади. Уч фазали занжир симметрик режимда ишлаганда очиқ учбурчак усулида уланган 16, 17, 18 ва 19, 20, 21 чулғамларнинг мос умумий чиқишларида сигналлар нолга тенг бўлади. Агар уч фазали занжирда носимметрик режим юзага келса, у ҳолда ЎҚ чулғамларининг мос умумий чиқишларида уч фазали тоқлар носимметриясига пропорционал ва қийматлари қуйидаги комплекс кучланишлар йиғиндисининг таъсир этувчи қийматларига тенг бўлган чиқиш сигналлари индукцияланади: $\dot{U}_{3,ч.к.1} = \dot{U}_{3A} + \dot{U}_{3B} + \dot{U}_{3C}$ ва $\dot{U}_{3,ч.к.2} = \dot{U}_{3AB} + \dot{U}_{3BC} + \dot{U}_{3CA}$. Ёндош бўлмаган стерженлардаги ўлчаш чулғамларида индукцияланган сигналлар эса тегишли шинадаги ўзгарувчан токка пропорционал бўлади.

Яратилган ЎҚнинг шу русумдаги мавжуд қурилмалардан афзал томонлари шундаки, биринчидан, у уч фазали ўзгарувчан ток занжирларидаги тоқлар носимметриясини ўлчашда ҳам, иккита ёки учта шинадан ўтаётган ўзгармас тоқлар фарқини ўлчашда ҳам қўлланилиши мумкин, иккинчидан, қурилма бир вақтнинг ўзида ҳар бир шинадан ўтаётган токни ва шиналардаги тоқлар фарқини ўлчай олади, учинчидан, уч фазали ўзгарувчан ток занжирида бир-бири билан гальваник боғланмаган иккита чиқишдан занжирдаги тоқлар носимметрияси тўғрисида маълумот бера олади, тўртинчидан эса ёндош бўлмаган стерженлардаги ўлчаш занжирлари (ёндош бўлмаган стерженлардаги δ ҳаво оралиқлари мавжудлиги сабабли) деярли ўзаро индуктив боғланмаган, яъни бир шинадаги токнинг ўзгариши қолган иккита шина магнит занжирларидаги магнит оқимларининг ўзгаришига олиб келмайди.

Яратилган ЎҚни кенг фойдаланишга тавсия этишдан аввал унинг асосий техник характеристикаларини назарий ва экспериментал тадқиқ этиш лозим бўлади. Шу мақсадда ушбу мақолада магнитомодуляцион режимда (шиналардаги ўзгармас тоқлар фарқини ўлчаш мақсадида) ишлаётган ЎҚнинг динамик характеристикаларини назарий тадқиқ этамиз. Чунки, (ЎЎ)ларини, шу жумладан шиналардаги ўзгармас тоқлар фарқини ўлчовчи ЭМЎларни назорат, ростлаш ва бошқарув тизимларида қўллаш уларнинг динамик характеристикаларига ҳам юқори талабларни қўяди.

Маълумки [4], исталган ЎЎнинг динамик характеристикаси ундаги жараёнларни тавсифловчи дифференциал тенглама, узатиш ёки комплекс функция кўринишида ҳосил қилинади тадқиқ этилади.

Биз яратилган ЎҚнинг динамик характеристикаларини тавсифловчи дифференциал тенгламани ҳосил қилишда турли хил физик табиатли занжирларда юз берадиган ҳодиса ва жараёнларнинг ўзаро таъсирига асосланган ҳамда ЎЎлар динамик характеристикаларини назарий тадқиқ этишда қулай бўлган параметрик структура схема (ПСС)лар усулидан фойдаланамиз [5].

Шиналардаги ўзгармас тоқлар фарқини ўлчовчи янги ЭМЎ динамик иш режими учун тузилган ПСС 1- расмда келтирилган. Ушбу ПССда фойдаланилган элементар звено(коэффициент ва параметр)лар техник характеристикалари [5] да батафсил келтирилган.

Ҳисоблашларни соддалаштириш мақсадида қуйидаги чекловларни қабул қиламиз:

1) шиналар магнит занжири мустақил контурларининг мос параметрлари ўзаро тенг; 2) магнит занжирининг қийматлари ҳисобга олмаслик даражада кичик бўлган магнит индуктивликларини (бу элементар звенолар ПССда узлукли чизиқлар билан ажратилган) инобатга олмаймиз;3) учала фазада ҳам модуляция занжирларининг тегишли параметрлари бир хил.Биринчи чеклов уч фазали электр занжиридаги мавжуд (симметрик ёки носимметрик) режимни тўғри акс эттириш учун зарур бўлса, иккинчиси ҳисоблаш натижаларига сезиларли даражада таъсир қилмаса-да, аммо ҳисоблашларни анча соддалаштиради.

Тузилган ПСС асосида ЎҚ динамик режимини тавсифловчи тенгламалар системасини ёзамиз. Оператор кўринишидаги натижавий тенгламани ҳосил қилишни соддалаштириш мақсадида ПССни тўртта (I - IV) бўлакка шартли равишда ажратамиз. Ўлчаш ўзгартиргичларининг ПССларини тузиш ва улар асосида тегишли аналитик тенгламаларни келтириб чиқариш тартиби [5] да батафсил келтирилганлиги боис биз ПСС биринчи устун(кириш токи $I_{3A}(p)$ ва чиқиш кучланиши $U_{3AB}(p)$)нинг шартли равишда ажратилган ҳар бир бўлаги учун натижавий тенгламаларни қуйида келтириш билан чекланамиз:

ПССнинг I- бўлаги учун:

$$U_{3AB}(p) = K_{I_{\mu}U_3} I_{\mu AB\Sigma}(p) = pK_{I_{\mu}U_3} Q_{\mu AB\Sigma}(p), \quad (1)$$

бу ерда –комплекс ўзгарувчи(Лаплас оператори), $[s^{-1}]$ [6].

ПССнинг II- бўлаги учун:

$$Q_{\mu AB\Sigma}(p) = \frac{K_{I_{3M}U_{\mu M}} K_{Q_{\mu M}C_{\mu M}} U_{\mu AB}(p) C_{\mu M}(p) I_{3M}(p)}{1 + pR_{\mu M}C_{\mu M}}. \quad (2)$$

ПССнинг III- бўлаги учун

$$I_{\mu AB}(p) = I_{\mu A}(p) - I_{\mu B}(p) = \frac{pC_{\mu AB}U_{\mu AB}(p)}{1 + pR_{\mu AB}C_{\mu AB}}. \quad (3)$$

ПССнинг IV- бўлаги учун ҳосил қилинадиган тенгламалар ПССнинг 2- ва 3- устундаги катталиклар ва параметрларига боғлиқ бўлганлиги сабабли аввал ушбу устунлар учун ҳам юқоридаги кетма-кетликда тенгламаларни келтириб чиқариб, сўнгра ҳосил бўлган тенгламаларни биргаликда ечиб, ПСС 1- , 2- ва 3- устунларининг IV- бўлаги учун натижавий тенгламаларни ҳосил қиламиз. Биз қуйида ПССнинг 1-устуни учун ҳосил қилинган натижавий тенгламани келтириш билан чекланамиз:

$$U_{\mu AB}(p) = \frac{(1 + pR_{\mu 2}C_{\mu 2})C_{\mu 1}[I_{3A}(p) - I_{3B}(p)]}{[(R_{\mu 1} + R_{\mu 2})C_{\mu 1}C_{\mu 2}p + (3C_{\mu 1} + C_{\mu 2})]}. \quad (4)$$

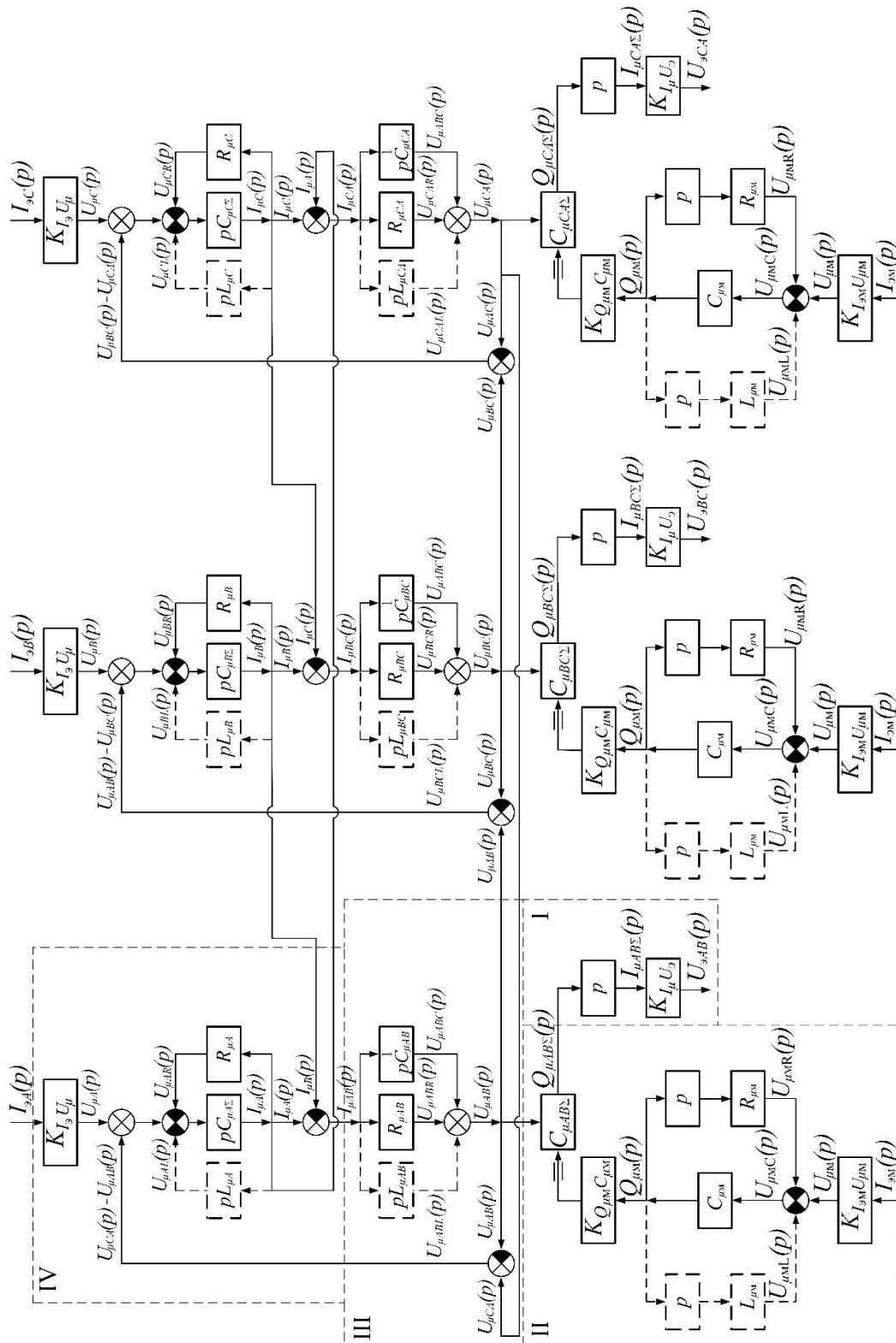
(2)га (4)ни қўйиш натижасида ҳосил бўлган тенгламани(1)га қўйиб, яратилганЎҚ ўлчаш чулғамларидаги чиқиш кучланишларининг қуйидаги оператор тенгласини ҳосил қиламиз:

$$U_{3AB}(p) = \frac{K_1(1 + pR_{\mu 2}C_{\mu 2})C_{\mu M}[I_{3A}(p) - I_{3B}(p)]I_{3M}(p)}{[(R_{\mu 1} + R_{\mu 2})C_{\mu 1}C_{\mu 2}p + (3C_{\mu 1} + C_{\mu 2})](1 + R_{\mu M}C_{\mu M}p)}. \quad (5)$$

Ҳосил қилинган (5) тенглама яратилган учфазали тоқлар носимметриясини ўлчовчи ЭМЎ 1- ва 2- шиналар оралиғидаги стерженда жойлаштирилган ўлчаш чулғамига нисбатан динамик режимларини тавсифловчи оператор кўринишидаги математик модели ҳисобланади.

Магнитомодуляцион режимда ишлаётган ва шиналардаги ўзгармас тоқлар фарқини ўлчовчи ЭМЎдаги динамик режимни тадқиқ этиш мақсадида (5) тенгламани қуйидагича ўзгартирамиз:

$$U_{3AB}(p) = \frac{K_2(1 + pR_{\mu 2}C_{\mu 2})I_{3AB}(p)L\left\{\frac{d}{dt}[C_{\mu M}(t)]\right\}}{[R_{\mu 12}C_{\mu 1}C_{\mu 2}p + C_{\mu 12}](1 + R_{\mu M}C_{\mu M}p)}, \quad (6)$$



бу ерда $K_1 = K_{I_3} v_{\mu n} K_{Q_{\mu n} C_{\mu n}} K_{I_\mu} v_\mu C_{\mu 1}, [H/A]$.

1-расм. Яратилган уч фазаги тоқлар носимметриясини ўлчовчи магнитома дуэлицион ЭМУ динамика харақтеристикаларини тадқиқ этиш учун тузилган параметрик структура схема

бу ерда $K_2 = K_1 I_{3M} [H]$; I_{3M} - модуляция чуғламидаги токнинг таъсир этувчи қиймати; $R_{\mu 12} = (R_{\mu 1} + 3R_{\mu 2}) [S]$; $C_{\mu 12} = 3C_{\mu 1} + C_{\mu 2} [H]$; $L \left\{ \frac{d}{dt} [C_{\mu m}(t)] \right\} - C_{\mu m}(t)$ - функциянинг Лаплас ўзгартириши бўйича тасвири.

(6) тенгламадан ЭМЎнинг динамик характеристикаларидан бири бўлган узатиш функциясини топамиз. У қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$K(p) = \frac{U_{3AB}(p)}{L \left\{ \frac{d}{dt} [C_{\mu m}(t)] \right\}} = \frac{F_1(p)}{F_2(p)} \quad (7)$$

бу ерда $F_1(p) = K_2(1 + pR_{\mu 2}C_{\mu 2})I_{3AB}(p)$ ва $F_2(p) = [R_{\mu 12}C_{\mu 1}C_{\mu 2}p + C_{\mu 12}](1 + R_{\mu m}C_{\mu m\dot{p}}p)$ - тўғри қаср кўринишидаги $K(p)$ функциянинг сурат ва махражи; $C_{\mu m\dot{p}}$ - магнит занжири модуляцияланаётган қисми магнит сиғими $C_{\mu m}(t)$ нинг ўртача қиймати. $K(p)$ узатиш функцияси ўлчаш техникасида кўпинча ўлчаш ўзгартиргичларининг комплекс сезгирлиги деб аталади [6]. $K(p)$ функция комплекс катталиқ бўлиб, у ўзгартиргич динамик характеристикаларини тўла баҳолайдиган асосий функция ҳисобланади.

Динамик режимда шиналардан ўтаётган тоқлар қуйидаги қонуниятлар билан ўзгарадиган иккита ҳолатни кўриб чиқамиз:

$$1) \begin{cases} I_{3A}(t) = I_{3A0} = const, \\ I_{3B}(t) = I_{3B0} = const, \\ I_{3C}(t) = I_{3C0} = const, \end{cases} \quad (8) \qquad 2) \begin{cases} I_{3A}(t) = I_{3A\dot{p}} \sin \omega_x t, \\ I_{3B}(t) = I_{3B\dot{p}} \sin \omega_x t, \\ I_{3C}(t) = I_{3C\dot{p}} \sin \omega_x t, \end{cases} \quad (9)$$

бу ерда $I_{3A\dot{p}}, I_{3B\dot{p}}, I_{3C\dot{p}}$ ва ω_x - шиналардаги ҳар бир токнинг мос равишда ўртача қийматлари ва бурчак частотаси.

(8) ҳолат учун A ва B шиналардан ўтаётган ўзгармас тоқлар фарқининг оператор тасвири қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$I_{3AB}(p) = \frac{I_{3AB}}{p} \quad (10)$$

(10) ни (7) га қўйиб, қуйидаги оператор тенгламани ҳосил қиламиз:

$$K(p) = \frac{K_2(1 + R_{\mu 2}C_{\mu 2}p)I_{3AB}}{p[R_{\mu 12}C_{\mu 1}C_{\mu 2}p + C_{\mu 12}](1 + R_{\mu m}C_{\mu m\dot{p}}p)} = \frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \quad (11)$$

$pF_2(p) = 0$ характеристик тенгламани ечиб, унинг илдизларини қуйидагича топамиз:

$$p_1 = 0; p_2 = -\frac{1}{T_{\mu x}}; p_3 = -\frac{1}{T_{\mu m}} \quad (12)$$

бу ерда $T_{\mu x} = \frac{R_{\mu 12}C_{\mu 1}C_{\mu 2}}{C_{\mu 12}}$; $T_{\mu m} = R_{\mu m}C_{\mu m\dot{p}}$ - мос равишда ўлчаш ва модуляция магнит занжирларининг вақт доимийлари, $[s^{-1}]$.

Характеристик тенглама илдизларини ёйиш теоремасига қўйиб, (11) ифода оригиналини қуйидагича топамиз:

$$K(t) = \frac{K_2 I_{3AB}}{C_{\mu 12}} + \frac{K_2 I_{3AB} (R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} - C_{\mu 12} R_{\mu 2} C_{\mu 2})}{C_{\mu 12} (C_{\mu 12} T_{\mu m} - R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2})} e^{-\frac{1}{T_{\mu x}} t} + \frac{K_2 I_{3AB} (T_{\mu m} - R_{\mu 2} C_{\mu 2})}{R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} - C_{\mu 12} T_{\mu m}} e^{-\frac{1}{T_{\mu m}} t} \quad (13)$$

(7) тенглама асосида A ва B шиналар оралиғидаги магнит ўтказгичда жойлашган ўлчаш чулғамидаги чиқиш кучланиши оригиналини қуйидагича ёзамиз:

$$U_{3AB}(t) = K(t) \frac{d}{dt} [C_{\mu m}(t)] [V] \quad (14)$$

Вақт бўйича ўзгарувчи бўлган $C_{\mu m}(t)$ функция магнитомодуляцион ўлчаш ўзгартиришларида магнит ўтказгичдаги индукциянинг максимал қиймати тўйиниш индукцияси қийматининг 0,5 қисмига тенг, яъни $B_m \approx 0,5 B_s$ бўлганда қуйидаги қонуният билан ўзгаради [7]:

$$C_{\mu m}(t) = C_{\mu m \text{мўр}} \sin^2 \omega_m t, [H] \quad (15)$$

бу ерда ω_m – модуляция чулғамидаги ток бурчак частотаси, $[s^{-1}]$.

(13) ва (15)ларни (14) га қўйиб, тегишли ўзгартиришлардан кейин ЭМЎ киришига ўзгармас ток берилган ҳолат учун тегишли *A* ва *B* шиналар оралиғидаги магнит ўтказгичда ўрнатилган ўлчаш чулғами учун ўткинчи характеристиканинг қуйидаги тенгламасини ҳосил қиламиз:

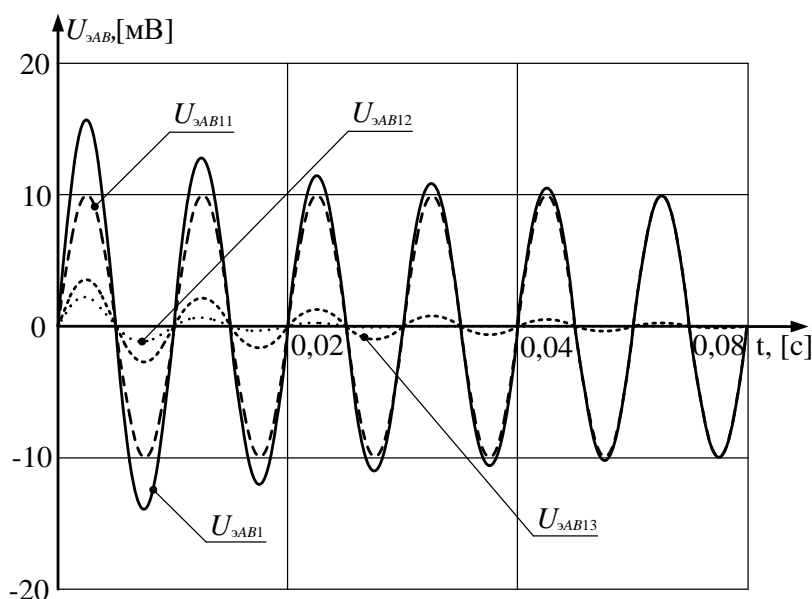
$$U_{\text{эАВ1}}(t) = U_{\text{эАВ11}} \sin 2\omega_m t + U_{\text{эАВ12}} e^{-\frac{1}{T_{\mu x}} t} \sin 2\omega_m t + U_{\text{эАВ13}} e^{-\frac{1}{T_{\mu m}} t} \sin 2\omega_m t, \quad (16)$$

бу ерда $U_{\text{эАВ11}} = \frac{K_2 I_{\text{эАВ}} C_{\mu \text{мўр}} \omega_m}{C_{\mu 12}}, [V];$ $U_{\text{эАВ12}} = \frac{K_2 I_{\text{эАВ}} (R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} - C_{\mu 12} R_{\mu 2} C_{\mu 2}) C_{\mu \text{мўр}} \omega_m}{C_{\mu 12} (C_{\mu 12} T_{\mu m} - R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2})}, [V];$

$$U_{\text{эАВ13}} = \frac{K_2 I_{\text{эАВ}} (T_{\mu m} - R_{\mu 2} C_{\mu 2}) C_{\mu \text{мўр}} \omega_m}{R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} - C_{\mu 12} T_{\mu m}}, [V].$$

Қолган иккита ўлчаш чулғамлари учун ўткинчи характеристика тенгламалари худди юқоридагидек ҳосил қилинади.

(16) тенглама ва унинг асосида қурилган графиклар (2- расм) таҳлили шуни кўрсатадики,



2- расм. Киришига сакраб ўзгарувчи ўзгармас тоқлар фарқи берилган ЭМЎ битта ўлчаш чулғамидаги ўткинчи кучланиш графиклари

магнитомодуляция режимда ишлаётган ЭМЎ киришига иккита шинадан ўтадиган ўзгармас тоқлар фарқи берилганда шиналар оралиғидаги магнит ўтказгичда ўрнатилган ўлчаш чулғами чиқишидаги ўткинчи кучланиш частотаси иккиланган модуляция частотасига тенг бўлган турғун ва амплитудалари мос равишда ўлчаш ва модуляция магнит занжирлари вақт доимийларига боғлиқ ҳолатда экспоненциал сўнувчи иккита эркин гармоник ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлади.

Иккинчи ҳолат учун (10) тенгламанинг биринчи иккита тенгламаси оператор тасвирларини (7)га қўйиб, қуйидаги оператор тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$K(p) = \frac{K_2 (1 + R_{\mu 2} C_{\mu 2} p) I_{\text{эАВm}}}{[(R_{\mu 1} + 3R_{\mu 2}) C_{\mu 1} C_{\mu 2} p + (3C_{\mu 1} + C_{\mu 2})] (1 + R_{\mu m} C_{\mu m} p) (p^2 + \omega_x^2)}. \quad (17)$$

(17) нинг ёйиш теоремаси ёрдамида топилган оригинали қуйидаги кўринишда бўлади:

$$U_{\text{эАВ2}}(t) = U_{\text{эАВ21}} e^{-\frac{1}{T_{\mu x}} t} \sin 2\omega_m t + U_{\text{эАВ22}} e^{-\frac{1}{T_{\mu m}} t} \sin 2\omega_m t -$$

$$-U_{\text{эАВ23}} [\sin[(2\omega_m + \omega_x)t + \varphi] - \sin[(2\omega_m - \omega_x)t - \varphi]] \quad (18)$$

$$\text{бу ерда } U_{\Delta AB21} = \frac{C_{\mu 12} \omega_n K_2 I_{\Delta AB m} (R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} - C_{\mu 12} R_{\mu 2} C_{\mu 2}) R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2}}{(C_{\mu 12})^2 R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} + (R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2})^3 \omega_x^2 - (C_{\mu 12})^3 T_{\mu m} + (R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2})^2 C_{\mu 12} T_{\mu m} \omega_x^2}, [V];$$

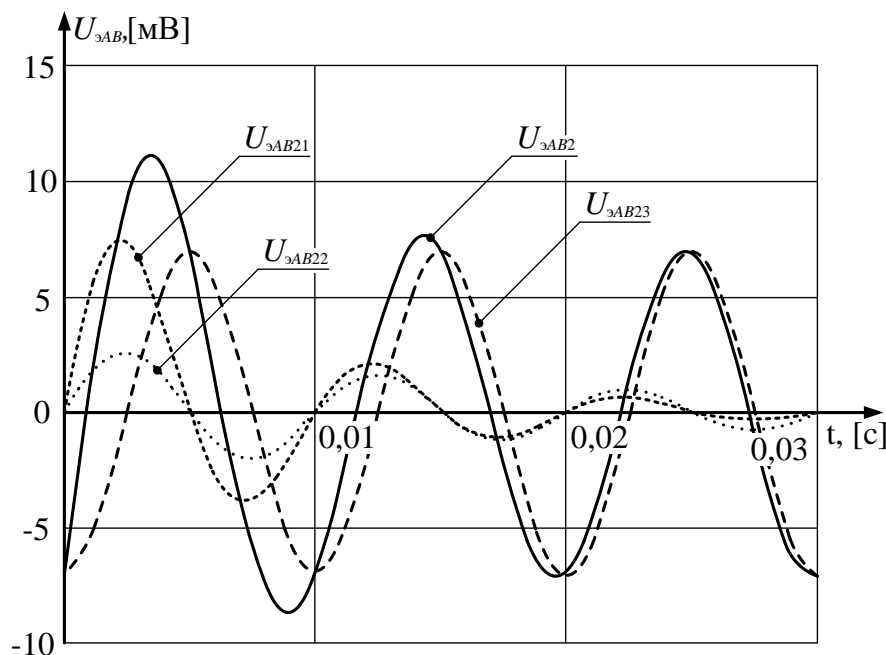
$$U_{\Delta AB22} = \frac{C_{\mu 12} \omega_n K_2 I_{\Delta AB m} (R_{\mu 2} C_{\mu 2} - T_{\mu m}) T_{\mu m}}{R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} + R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} (T_{\mu m})^2 \omega_x^2 - C_{\mu 12} T_{\mu m} - C_{\mu 12} (T_{\mu m})^3 \omega_x^2}, [V]; \quad U_{\Delta AB23} = \frac{C_{\mu 12} \omega_n K_2 I_{\Delta AB m} \sqrt{M^2 + N^2}}{2Z^2}, [V];$$

$$\varphi = \arctg \frac{N}{M};$$

$$N = R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} T_{\mu m} \omega_x^2 - C_{\mu 12} - R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} R_{\mu 2} C_{\mu 2} \omega_x^2 - C_{\mu 12} T_{\mu m} R_{\mu 2} C_{\mu 2} \omega_x^2;$$

$$M = R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} \omega_x + C_{\mu 12} T_{\mu m} \omega_x + R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} T_{\mu m} R_{\mu 2} C_{\mu 2} \omega_x^3 - C_{\mu 12} R_{\mu 2} C_{\mu 2} \omega_x;$$

$$Z^2 = R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2} \omega_x^2 + (R_{\mu 12} C_{\mu 1} C_{\mu 2})^2 T_{\mu m}^2 \omega_x^4 + C_{\mu 12}^2 + C_{\mu 12}^2 T_{\mu m}^2 \omega_x^2.$$



3- расм. Киришига гармоник қонуният билан пульсацияланувчи ўзгармас тоқлар фарқи берилган ЭМЎ битта ўлчаш чулғамидаги ўткинчи кучланиш графиклари

(18) тенглама ва унинг асосида қурилган графиклар (3- расм) таҳлили шуни кўрсатадики, магнитомодуляция режимда ишлаётган ЭМЎ киришига ω_x частотали синусоидал ток берилганда шиналар оралиғидаги магнит ўтказгичда ўрнатилган ўлчаш чулғами чиқишидаги ўткинчи кучланиш частотаси ω_m га тенг бўлган турғун ва амплитудалари ўлчаш ва модуляция магнит занжирлари вақт доимийларига боғлиқ равишда экспоненциал сўнувчи, частоталари эса мос равишда $(2\omega_m + \omega_x)$ ва $(2\omega_m - \omega_x)$ га тенг бўлган иккита эркин гармоник ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлади.

Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосаларни шакллантириш мумкин:

1. Яратилган ўлчаш қурилмасининг шу русумдаги мавжуд қурилмалардан уч фазали ўзгарувчан ток занжирларидаги тоқлар носимметриясини ўлчашда ҳам, иккита ёки учта шинадан ўтаётган ўзгармас тоқлар фарқини ўлчашда ҳам қўлланилиши, бир вақтнинг ўзида ҳар бир шинадан ўтаётган тоқни ва шиналардаги тоқлар фарқини ўлчай олиши, уч фазали ўзгарувчан ток занжирида бир-бири билан гальваник боғланмаган иккита чиқишдан занжирдаги тоқлар носимметрияси тўғрисида маълумот бера олиши ва ёндош бўлмаган стерженлардаги ўлчаш занжирлари деярли ўзаро индуктив боғланмаганлиги билан афзал ҳисобланади.

2. Ўлчаш қурилмаси киришига сакраб ўзгарадиган тоқлар фарқи берилганда қурилма чиқишидаги ўткинчи кучланиш частотаси иккиланган модуляция частотасига тенг бўлган турғун ва амплитудалари мос равишда ўлчаш ва модуляция магнит занжирлари вақт

доимийларига боғлиқ ҳолатда экспоненциал сўнувчи иккита эркин гармоник ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлади.

3. Ўлчаш қурилмаси киришига ω_x частотали пульсацияланувчи ток берилганда қурилма чиқишидаги ўткинчи кучланиш частотаси модуляцияловчи занжир токи частотаси (ω_m) га тенг бўлган турғун ва амплитудалари ўлчаш ва модуляция магнит занжирлари вақт доимийларига боғлиқ равишда экспоненциал сўнувчи, частоталари эса мос равишда ($2\omega_m + \omega_x$) ва ($2\omega_m - \omega_x$) га тенг бўлган иккита эркин гармоник ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат бўлади.

Адабиётлар рўйхати:

1. Amirov S.F. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti: Oliy temir yo'l o'quv yurtlari talabari uchun darslik. – Toshkent: "ADAD PLYUS" MChJ, 2016. – 492 b.
2. Гарнов В.К., Левин А.В. Оптимизация работы мощных электрометаллургических установок. – Москва: Металлургия, 1981. – 312 с.
3. Заявка на патент РУз (UZ) №20190064. Устройство для преобразования тока в напряжение/Амиров С.Ф., Сафаров А.М., Жумабоев С.Х, Мухсимов Ш.С. – Заявлено: 20.02. 2019 г.
4. Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: Учебное пособие. – Москва: Дрофа, 2005. – 415 с.
5. Зарипов М.Ф., Зайнуллин Н.Р., Петрова И.Ю. Энергоинформационный метод научно-технического творчества. – Москва: ВНИИПИ ГКНТ, 1988. – 124 с.
6. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники: В 3-х т.Т.2. Учебник для вузов. Изд. 4-е – Санкт-Петербург: Питер, 2006. – 572 с.
7. Амиров С.Ф., Сафаров А.М., Рустамов Д.Ш., Атауллаев Н.О. Электромагнитные преобразователи больших токов для систем тягового электроснабжения: монография.– Ташкент, издательство «Наука и технология», 2018. – 360 с.

References

1. Amirov S. F. power Supply of electrified Railways: textbook for students of higher railway educational institutions. - - Tashkent: Ada plus LLC, 2016. - 492 p.
2. Garnov V. K., Levin A.V. Optimization of operation of powerful electrometallurgical installations. - Moscow: Metallurgy, 1981. - p. 312.
3. patent application of the Republic of Uzbekistan (UZ) No. 20190064. Device for converting current to voltage/Amirov S. F., Safarov A. M. Zhumabaev, S. X, Maksimov S. S. – Stated: 20.02. 2019
4. Atamalyan E. G. Devices and methods for measuring electrical quantities: Textbook. - Moscow: Drofa, 2005. - 415 p.
5. Zaripov M. F., Zainullin N. R., Petrova I. Y. Energy-a method scientific-technical creativity. - Moscow: VNIPI GKNT, 1988. - 124 p.
6. Demirchyan K. S., Neiman L. R., Korovkin N. V., chechurin V. L. Theoretical foundations of electrical engineering: In 3 vols. 2. Textbook for universities. Ed. 4th-St. Petersburg: Peter, 2006. - 572 p.
7. Amirov S. F., Safarov a.m., Rustamov D. sh., Ataulaev N. O. electromagnetic high-current Converters for traction power supply systems: monograph.– Tashkent, publishing house "Science and technology", 2018. – 360 p.

Сведения об авторах / Information about the authors

Амиров Султон Файзуллаевич – т.ф.д., проф. Тошкент темир йўл муҳандислари институти кафедра мудири телефон: +998904265341 e-mail: jumaboyev@tashiit.uz.

Жумабоев Сарварбек Хамраевич – докторант (PhD), Тошкент темир йўл муҳандислари институти e-mail: jumaboyev@tashiit.uz.

Йулдашев Нурилла Рахматуллаевич докторант (PhD) Тошкент темир йўл муҳандислари институти e-mail: jumaboyev@tashiit.uz.

Amirov Sulton Fayzullayevich – DSc, Professor, head of the Department "The power supply of railways " of the Tashkent Institute of railway engineers

Jumaboyev Sarvarbek Xamrayevich – post graduate student, Tashkent Institute of railway engineering, E-mail: jumaboyev@tashiit.uz.

Yuldashev Nurilla Raxmatullaevich– post graduate student, Tashkent Institute of railway engineering, E-mail: