

ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИДА СИҒИМЛИ ФИЛЬТРЛИ ТЎҒРИЛАГИЧНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ

Рўзиназаров М.Р., Каримов Р.Ч., Паноев А.Т.

Тошкент Давлат Техника Университети, Бухоро муҳандислик-технология
институту

Мазкур мақолада актив юкламада ишловчи сизимли фильтрли тўғрилагич кучланишининг ўртача қийматини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган. Тўғриланган кучланишининг ўртача қийматини ЭҲМ да ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган, шунинг билан бирга дастур бўйича ҳисоблаш натижалари билан экспериментал маълумотлар солиштирилган ва мос келиши қайд этилган.

Таянч иборалар: *актив юклама, сизимли фильтрли тўғрилагич, алгоритм, диод, конденсатор, қаршилик, кучланиш, ҳисоблаш дастури, вентилли тўғрилагич.*

Разработан алгоритм расчета среднего значения напряжения выпрямителя с емкостным фильтром, работающего на активную нагрузку. Разработана программа расчета на ЭВМ среднего значения выпрямленного сглаженного напряжения, результаты расчета сравнивались с результатами опытов, отмечено хорошее совпадение результатов с экспериментальными данными.

Ключевые слова: *активная нагрузка, выпрямитель с емкостным фильтром, алгоритм, диод, конденсатор, сопротивления, напряжения, расчетная программа, вентиляльный преобразователь.*

The algorithm of calculation of average value of tension of the rectifier from capacity the filter working for active loading taking into account final values of capacity of the condenser and resistance of a phase of the rectifier is developed, the program of calculation on the computer of average value of the straightened smoothed tension is developed, results of calculation were compared to results of experiences, good coincidence of results to experimental data is noted.

Keywords: *active loading, the rectifier with the capacitor filter, algorithm, the diode, the condenser, resistance, tension, the settlement program, the valve converter.*

Тўғрилагични ҳисобловчи мавжуд усуллар қўлда ҳисоблашга мўлжалланган бўлиб, тахминий ва содалаштиришларга асосланган.

Масалан, Г.И.Атабековнинг «Электротехниканинг назарий асослари, ночизикли электр занжирлар ва электромагнит майдони» номли маърузасида диодни идеал деб фараз қилинган, ҳамда, олдин уланган қаршиликлар, куч трансформаторлари ва электр узатув линияларининг қаршиликлари ҳисобга олинмаган [1].

Амалий лойиҳалашда Б.П.Терентьева усули бўйича, фильтр конденсаторини сиғими чексиз деган тахминга асосланган, натижада юкламада кучланиш қийматини ўзгармас деб ҳисоблаш мумкин. Бундай тахминий асосларда анодли токнинг импульси симметрик ҳолатида бўлади [2].

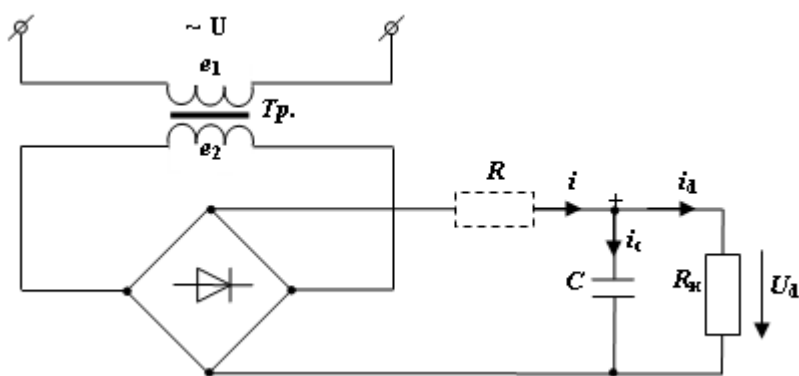
Тўғриланган кичик қийматли токни истеъмол қилувчи юкламалар учун кўпинча содда кўринишли C конденсаторли филтрлардан фойдаланилади. Бундай филтрлар тўғрилагич учун сиғимли юклама бўлиб, вентилли тўғрилагичдаги жараёнлар характерини сезиларли даражада ўзгартиради.

Ушбу мақолада тўғрилагич сиғими, трансформатор қаршиликлари ва диоднинг охирги қийматларини ҳисобга олиб, тўғриланган кучланишнинг ўртача қийматини ҳисоблаш алгоритми келтирилади (1-расм).

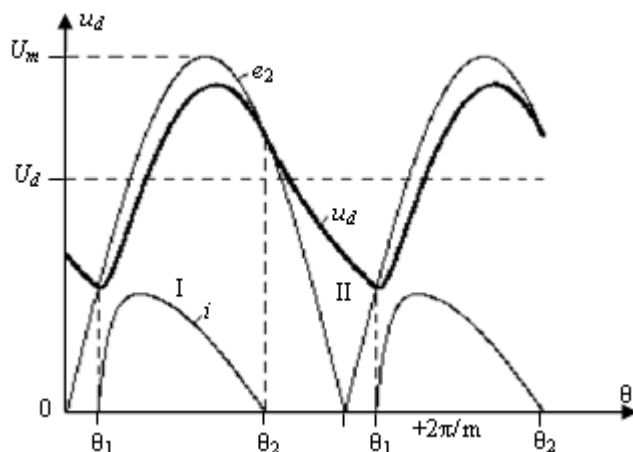
Сиғим иштирок этмаган ҳолатда (актив юкламада), сиғимли филтрли тўғрилагичнинг чиқишидаги кучланишнинг кўриниши пульсацияли эгри чизик

синусоидасининг мусбат ярим даврдан иборат бўлади. Тўғрилагичнинг чиқишига C конденсатор уланса, трансформатор токи орқали конденсатор даврий равишда зарядланиб туради. Унинг зарядсизланиши эса, R_n юклама қаршилиги орқали амалга ошади.

θ_1 - θ_2 оралиғида, кучланишнинг юкламадаги оний қиймати U_d трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ЭЮК e_2 дан, трансформаторнинг ички қаршиликлари ва вентилли тўғрилагичнинг R қаршиликларидаги кучланиш йўқотилиши миқдоридан кичик. Вентилли тўғрилагичнинг ўтказиш йўналишида кучланиш берилганида, сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг занжирдан i токи ўта бошлайди (2-расм, I).



1-расм. Сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг ҳисоблаш схемаси.



2-расм. Мусбат икки ярим даврий тўғриланишида сиғимли фильтр орқали текисланиш.

θ_2 вақтида конденсатордаги кучланиш, трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ЭЮК га тенг бўлади, натижада вентилли тўғрилагичдан ўтаётган ток кучи нолгача пасаяди. Натижада конденсаторнинг зарядланиши тўхтайтиди ва юкломанинг қаршилиги R_n ҳисобига сиғимнинг зарядсизланиш жараёни бошланади (2-расм, II). Зарядсизланиш жараёнида конденсатордаги кучланиш экспоненциал чизиқ бўйича пасаяди. Бунда чизиқнинг қиялиги, R_n юкломанинг қаршилиги ва конденсатор C сиғимининг қийматига боғлиқдир.

Трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ЭЮК, конденсатордаги кучланишга тенг бўлгунга қадар, конденсаторнинг зарядсизланиш жараёни давом этади. Кейинги вақт оралиғида, трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ЭЮК конденсатордаги кучланишдан юқори бўлади ва конденсаторнинг зарядланиш жараёни қайтарилади.

Шундай қилиб, сиғимли юкламада сиғимли фильтрли тўғрилагич актив юкламадагига нисбатан куйидаги кўрсаткичлар бўйича фарқ қилади:

- анодли токнинг қисқа вақт давомийлиги ва юқори амплитудаси;
- катталаштирилган чиқишдаги кучланиш;

- чиқишдаги кучланиш пульсациясини кичиклиги;
 - чиқишдаги кучланиш ўртача қийматининг юкламанинг қаршилиги R_H ва конденсатор сиғимига C боғлиқлиги.

Ҳисоблашларни соддалаштириш мақсадида вентилли тўғрилагични R_B ички қаршилигини ўзгармас ва токка боғлиқ эмас, трансформаторни эса, иккиламчи чулғамга келтирилган қаршилигини актив характерли деб қабул қиламиз:

$$R_{mp} = R_1' + R_2, \quad (1)$$

бу ерда, R_1' ва R_2 - трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари қаршиликлари.

Сиғимли фильтрли тўғрилагич фазасининг қаршилиги, вентилли тўғрилагич ва трансформаторнинг ички қаршиликлари йиғиндисига тенг:

$$R = \frac{m_1}{m_2} R_g + R_{mp}, \quad (2)$$

бу ерда, m_1 - кетма-кет уланган вентилли тўғрилагичлар сони («кўприк» схемаси учун $m_1 = 2$ га тенг); m_2 - параллел уланган вентилли тўғрилагичлар сони.

Трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ЭЮК, синусоидал қонун бўйича ўзгаради (2-расм).

$$e_2 = U_m \sin \theta, \quad (3)$$

бу ерда, $\theta = \omega t$ - кучланиш фазаси;

$U_m = U_2 \sqrt{2}$ - трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги ЭЮК;

U_2 - трансформаторнинг иш ҳолатида иккиламчи чулғамидаги кучланиш.

Конденсаторнинг зарядланиш жараёнини таҳлил қиламиз (2-расм, I).

Ўткинчи жараёнларнинг классик усули бўйича кучланишнинг ўзгариш қонунини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$u_{C_1}(\theta) = U_{C_m} \sin(\theta - \varphi_1) + A e^{\frac{\theta_1 - \theta}{\omega \tau_1}}, \quad (4)$$

бу ерда, $A = U_{C_m} \sin(\varphi_1 - \theta_1) + U_C \sin \theta_1$ - интеграллаш учун ўзгармас сон;

τ_1 - конденсатор зарядланаётган занжирдаги ўзгармас вақт;

$$\omega \tau_1 = B_C \frac{R_H R}{R_H + R}; \quad \varphi_1 = \arctg \omega \tau_1; \quad U_{C_m} = \frac{U_m}{\sqrt{(R B_C)^2 + \left(\frac{R}{R_H} + 1\right)^2}}, \quad \text{бунда, } B_C = \omega C.$$

$\theta_1 - \theta_2$ оралиғида токнинг ўзгариш қонуни:

$$i(\theta) = B_C \frac{du_{C_1}(\theta)}{d\theta} + \frac{u_{C_1}(\theta)}{R_H} = U_{C_m} B_C \cos(\theta - \varphi_1) - \frac{A B_C}{\omega \tau_1} e^{\frac{\theta_1 - \theta}{\omega \tau_1}} + \frac{u_{C_1}(\theta)}{R_H}. \quad (5)$$

Конденсаторнинг зарядсизланишида кучланишнинг ўзгариш қонуни (2-расм, II):

$$u_{C_{II}}(\theta) = U_m \sin \theta_2 e^{\frac{\theta_2 - \theta}{\omega \tau_2}}, \quad (6)$$

бу ерда, τ_2 - конденсатор зарядсизланаётган занжирдаги ўзгармас вақт; $\omega \tau_2 = R_H B_C$.

Келтирилган занжирнинг фазасидаги номаълум θ_1 ва θ_2 қийматлари $i(\theta_2) = 0$ ва $u_{C_1}(\theta_1) = u_{C_{II}}\left(\theta_1 + \frac{2\pi}{m}\right)$ шартлари бўйича аниқланади. Натижада қуйидаги тенгламалар тизими ҳосил бўлади:

$$U_{C_m} Y R \sin(\theta_2 - \varphi_1 + \varphi_2) = A e^{\frac{\theta_1 - \theta_2}{\omega \tau_1}}, \quad (7)$$

бунда,

$$\sin \theta_1 = \sin \theta_2 e^{\frac{\theta_2 - \theta_1 - \frac{2\pi}{m}}{\omega \tau_2}}$$

бу ерда, $Y = \sqrt{B_c^2 + \frac{1}{R_i^2}}$; $\varphi_2 = \text{arctg } \omega \tau_2$;

m – маълум давр давомида вентилли тўғрилагичдан юклама орқали ўтувчи токнинг яримдаврли сони бўлиб, сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг параметри ҳисобланади. Агар $m=1$ бўлганида, бир яримдаврли тўғрилагич схемалари учун ва $m=2$ бўлганида, икки яримдаврли тўғрилагич схемалари учун ишлатилади.

Ҳисоблашдаги тенгламалар оддий итерация усули орқали θ_1 ва θ_2 номаълум фазаларга нисбатан ечилади.

Кучланишнинг ўртача қиймати:

$$U_d = \frac{m}{2\pi} \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} u_{C_1}(\theta) d\theta + \int_{\theta_2}^{\theta_1 + \frac{2\pi}{m}} u_{C_{II}}(\theta) d\theta \right) =$$

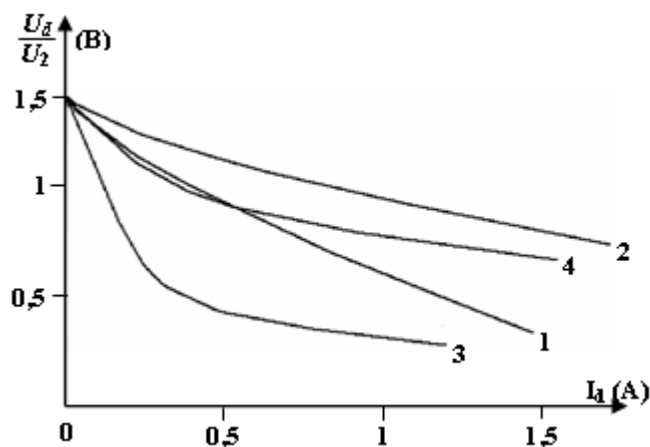
$$= \frac{m}{2\pi} \left[U_{C_m} (\cos(\theta_1 - \varphi_1) - \cos(\theta_2 - \varphi_1)) + \right. \tag{8}$$

$$\left. + A\omega\tau_1 \left(1 - e^{-\frac{\theta_1 - \theta_2}{\omega\tau_1}} \right) + U_m \sin \theta_2 \omega\tau_2 \left(1 - e^{-\frac{\theta_2 - \theta_1 - \frac{2\pi}{m}}{\omega\tau_2}} \right) \right].$$

Мақолада тўғриланган кучланишнинг ўртача қийматини ҳисоблаш учун ишлаб чиқилган алгоритм бўйича, ЭХМ да ҳисоблашнинг махсус дастури тузилган.

3-расмда сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг ҳар хил схемалар ва сиғимларнинг қийматлари учун ташқи характеристикалари келтирилган. Сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг ҳисобий характеристикаларига нисбатан экспериментал чизиқлари тахминан 3% га фарқ қилади. Тўғрилагичнинг салт ишлаш тартибида кучланишнинг ўртача қиймати, $U_d = U_m$ амплитудадагисига яқинлашади.

3-расмда келтирилган сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг ташқи характеристикаси графигини ҳар хил схемалар ва сиғим қийматлари учун кўриб чиқилган: 1-да $m=1$, $C=1000$ (мкФ); 2-да $m=2$, $C=1000$ (мкФ); 3-да $m=1$, $C=100$ (мкФ); 4-да $m=2$, $C=1000$ (мкФ), шу билан бирга ҳисоблашларни давом эттириш учун дастлабки маълумотлар: $R=4$ (Ом), $f=50$ (Гц) ва $U_2=24$ (В).

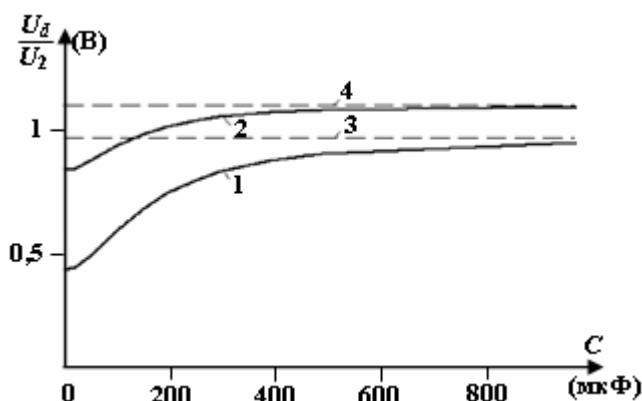


3-расм. Сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг ташқи характеристикалари.

4-расмда U_d тўғриланган кучланишнинг C конденсатор сиғимига боғлиқлик графиги кўрсатилган. Амалий ҳисоблашларда ишлатадиган усул орқали, конденсаторнинг сиғими чексиз ($C=\infty$) бўлган ҳолатида, сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг U_d кучланиши қийматини аниқлаш мумкин [2].

Расмдан кўринадики, икки хил усулда ҳисобланган сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг сиғими $C \geq 1000$ (мкФ) бўлган қийматда, U_d тўғриланган кучланишнинг хатолиги 2% дан ошмайди. Сиғимли фильтрли тўғрилагичда сиғим $C=0$ бўлганида, тўғриланган кучланиш U_d куйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$U_d = U_m \cdot \frac{m}{\pi} \cdot \frac{R_n}{R_n + R} \quad (9)$$



4-расм. Сиғимли фильтрли тўғрилагич кучланишини сиғимга боғлиқлик графиги.

4-расмда келтирилган сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг сиғимга боғлиқлик графигини ҳар хил қийматлар ва сиғимлар ҳолати бўйича: 1-да $m=1$; 2-да $m=2$; 3-да $m=1$ ва 4-да $m=2$ бўлганида, ҳисоблашларни давом эттириш учун дастлабки маълумотлар: $R=4$ (Ом); $R_n=50$ (Ом); $f=50$ (Гц) ва $U_2=24$ (В) қабул қилинган.

Ҳисоблашларда, сиғимли фильтрли тўғрилагич учун m - чи гармониканинг амплитудаси куйидаги формула орқали аниқланади:

$$U_{dm} = \sqrt{S_m^2 + C_m^2} \quad (10)$$

бу ерда,

$$S_m = \frac{m}{\pi} \cdot \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} u_{C_1}(\theta) \sin(m\theta) d\theta + \int_{\theta_2}^{\theta_1 + \frac{2\pi}{m}} u_{C_{II}}(\theta) \sin(m\theta) d\theta \right),$$

$$C_m = \frac{m}{\pi} \cdot \left(\int_{\theta_1}^{\theta_2} u_{C_1}(\theta) \cos(m\theta) d\theta + \int_{\theta_2}^{\theta_1 + \frac{2\pi}{m}} u_{C_{II}}(\theta) \cos(m\theta) d\theta \right).$$

U_{dm} тўғриланган кучланишни ҳисоблаш жараёнини MathCAD дастурида дастурлаш орқали бажариш мумкин.

Сиғимли фильтрли тўғрилагич, кучланишнинг кучайиб-пасайиш (пульсация) коэффиценти:

$$K_{П(m)} = \frac{U_{d(m)}}{U_d} \quad (11)$$

Сиғимли фильтрли тўғрилагичнинг текисланишини баҳолаш жараёни, текисланиш коэффиценти:

$$K_{T(m)} = \frac{K_{П(m)}}{K_{П(m)}}, \quad (12)$$

бу ерда, $K_{T(m)}$ – сифимли фильтрли тўғрилагичнинг m - чи гармоника бўйича текисланиш коэффициенти;

$K_{П(m)}$ – сифимли фильтрли тўғрилагич ўрнатилгунга қадар бўлган кучайиб-пасайиш (пульсация) коэффициенти ($m=1$ бўлган ҳолатда, $K_{П(m)} = \frac{\pi}{2}$ бўлади; $m \geq 2$

бўлган ҳолатда, $K_{П(m)} = \frac{2}{m^2 - 1}$ бўлади);

$K_{П(m)}$ – сифимли фильтрли тўғрилагич ўрнатилгандан кейинги кучайиб-пасайиш (пульсация) коэффициенти.

Сифимли фильтрли тўғрилагичнинг текисланиш коэффициентини тахминан қуйидаги формула орқали баҳолаш мумкин:

$$K_{T(m)} \approx 0,8 \cdot \omega CR_n, \quad (13)$$

бу ерда, 0,8 – вентилли тўғрилагичдаги жараённи ҳисобга олувчи коэффициент, яъни ҳисоблашларда ўзгармас қиймат деб, қабул қилинган.

Хулоса. Мазкур мақола бўйича актив юкламада ишловчи сифимли фильтрли тўғрилагич кучланишининг ўртача қийматини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилиб, фильтр конденсаторининг сифими ва тўғрилагич фазасининг қаршилиқ қийматининг охирги катталиклари ҳисобга олинган, ҳамда тўғриланган кучланишнинг ўртача қийматини ЭХМ да ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилиб, дастур бўйича ҳисоблаш натижалари билан экспериментал маълумотлар солиштирилган ва мос келиши қайд этилган.

АДАБИЁТЛАР

1. Г.И.Атабеков и др., Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле, СПб.: Лань, 2009 г. 432 с.
2. Б.П.Терентьев, Электропитание радиоустройств, М.: Энергоатомиздат, 1958 г. 240 с.
3. В.С.Руденко, В.И.Сенько, И.М.Чиженко, Основы преобразовательной техники. М.: Высшая школа, 1980 г. 424 с.
4. Э.Г.Усмонов, Э.Х.Абдураимов, Р.Ч.Каримов, Х.П.Авлакулов, Ночизиқли электр занжирида динамик жараёнларнинг таҳлили. //«ТошДТУ хабарлари» журнали, №1-2 сон, 2010 й.
5. R.Ch.Karimov, Research of the stabilizer of current taking into account the highest harmonicas in systems of power supply. European Science riview, Scientific journal №9-10, 2015 (September-October). Austria, Vienna.

МУАЛЛИФЛАР ТЎҒРИСИДА МАЪЛУМОТ

Рўзиназаров Миржалол Раҳмонбердиевич – Тошкент Давлат Техника Университети, Энергетика факультети, «Электр таъминоти» кафедраси ассистенти. 100095, ЎзРес., Тошкент ш., Университет-2 кўчаси.
Тел.: (+99890) 115-66-56 (у).

Каримов Раҳматилло Чориевич – Тошкент Давлат Техника Университети, Энергетика факультети, «Электр таъминоти» кафедраси катта ўқитувчиси. 100095, ЎзРес., Тошкент ш., Университет-2 кўчаси.
Тел.: (+99899) 811-51-38 (у), (+99890) 944-77-96 (у). E-mail: raxmatillo82@mail.ru

Паноев Абдулло Гиллоевич - Бухоро муҳандислик-технология институти, “Электрэнергетика” кафедраси PhD докторанти (мустақил илмий изланувчи)си.

Тел.: (+99894) 542-73-74, E-mail [panoev -abdullo @mail.ru](mailto:panoev-abdullo@mail.ru).
E-mail Panoev -abdullo @mail.ru.

