

621.31
A-53

621.311

Суз боши

Ўқув қўлланмада анъанавий энергия манбалари, электр энергиясини ишлаб чиқариш ва уни тарқатиш ҳақида умумий маълумотлар келтирилган. Электр таъминоти тизимининг қисмлар ва алоҳида элементлари, уларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари кўриб чиқилган. Шу билан бирга, трансформаторлар, тўғрилагичлар, стабилизаторлар, ўзгартиргичлар схемалари, шунингдек, аппаратуралар, электр таъминоти қурилмалари ва алоқа корхоналари электр таъминоти тизимлари қурилмаларининг умумий қуриш принциплари кўрсатилган. Ноанъанавий ва қайта тикланувчан энергия манбаларида қайта тикланувчан энергияни ўзгартириш принциплари ва схемалари кўриб чиқилади.

Ўқув қўлланма “Телевидение, радиоалоқа ва радиоэшиттириш”, “Радиотехника” ва “Телекоммуникация” йўналишлари бўйича таълим оладиган талабаларга мўлжалланган.

10.04.2011

2032676

Кириш

Электр энергияси бошқа турдаги энергиялардан бевосита ёки оралик ўзгартириш йўли орқали олинади. Бунинг учун табиий органик энергетик ресурслардан ва ядровий ёкилги, шунингдек, қайта тикланувчан энергиялардан, яъни дарёларнинг оқими, шаршалар, океан оқимлари, қуёш радиацияси, шамол, геотермал массалар ва бошқалардан фойдаланилади.

Электр энергиясидан саноат ва қишлоқ хўжалик соҳаларида, транспортда, алоқа тизимларида, фанда манший хизматда кенг фойдаланилади. Электр энергиясини ишлаб чиқариш ва уни тарқатиш энергетика соҳасига тегишли ҳисобланади. Шунинг учун энергетика халқ хўжалигининг асосий тармоғи ҳисобланади.

Ҳозирги вақтда мамлакатимизнинг электрлаштириш тизимини яратиш ва халқ хўжалигини турли соҳаларини электр энергияси билан таъминлаш учун электр энергиясининг кўп қисми (80% атропоген) иссиқлик электр станцияларида (ИЭС) органик ёкилгининг кимёвий энергиясини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади.

ИЭСда, масалан, ёкилги сифатида мазут, кўмир ёки газ ёкилади ва иссиқлик энергияси форсункалар орқали сув билан тулдирилган қозоннинг пластинка сиртига берилади. қозондаги сув қайнайди ва қозоннинг юқори қисмида юқори босимли буг вужудга келади. Буг қувурлар орқали буг турбинаси жойлаштирилган қисмга берилади. Бугнинг босими билан турбина ротори айланади. Демак, иссиқлик энергиясини механик энергиясига ўзгартириш жараёни булиб ўтади. Кейинги босқичда роторнинг айланиши тўғрисида хосил қилинган механик энергия электр энергиясига ўзгартирилади.

Электр энергиясини ишлаб чиқариш ҳажми бўйича иккинчи ўринда гидроэлектростанциялар (ГЭС) туради. Бунда гидротурбиналар ва гидрогенераторлар ёрдамида электр энергиясига ўзгартириладиган дарёлар оқими энергиясидан фойдаланилади (масалан, Волга ГЭСи, Братск ГЭСи, Чорвок ГЭСи ва бошқалар).

Электр энергиясини асосий ишлаб чиқарувчилари қаторида иссиқлик ва гидроэлектр станцияларидан кейин атом электр станциялари (АЭС) туради. Атом электр станцияларининг бирламчи энергияси атомлар ядролари энергияси ҳисобланади. Бу энергия иссиқлик энергиясига ўзгартирилади, кейин эса электр энергиясини олиш схемаси эса, иссиқлик электр станцияси схемасига ўхшаш бўлади.

Органик ёкилги захираларининг тез қамайиши, шунингдек иссиқлик электр станцияларининг агроф-муҳитга салбий таъсирини ҳисобга олиб электр энергиясини олишни қайта тикланувчан электр манбаларидан (КТЭМ) фойдаланиш асосидаги техник ва иктисодий ечимларини қоникарли излаш амали амалга оширилмоқда.

Кимёвий, иссиқлик, нур энергияларининг электр энергиясига бевосита ўзгартириш электрокимёвий, иссиқлик электрик, термомиссион, фотоэлектрик генераторлар ёрдамида амалга оширилади. Бу қурилмалар кичик қувватга эга ва шунинг учун қатта энергетика учун яроқсиз, асосан

радиотехникада, коинот техникасида, алохида истеъмолчилар ва фермер хўжаликлари электр таъминоти учун қўлланилади.

Ўқув қўлланмаси иккита қисмдан ташкил топган:

1-қисм: Бирламчи электр энергияси манбалари. Қайта тикланувчан ва қайта тикланмайдиган энергия манбалари хақида умумий тушунчалар ва тавсифлар келтирилган. Иссиклик ва механик энергияни электр энергиясига ўзгартириш ва уни масофага узатишнинг асосий усуллари кўриб чиқилган.

2-қисм: Иккиламчи электр энергияси манбалари. Тўғрилагичлар, филтърлар, стабилизаторлар ва кучланиш ўзгартиргичлари ишлаш усуллари кўриб чиқилган.

1. Бирламчи электр энергияси манбалари

1.1. Қайта тикланувчан энергия манбалари ва уларнинг потенциали

1.1.1. Асосий тушунчалар ва тавсифлар

Барча энергия манбаларини икки турга ажратиш мумкин.

Қайта тикланувчан энергия манбалари бу атроф-мухитда доимо бўладиган ва даврий равишда вужудга келадиган энергия оқимлари асосидаги манбалардир. Бундай манбалардан бири куёш нурланиши ҳисобланади. Қайта тикланувчан энергия атроф-мухитда инсоннинг максадли фаолияти эмаслиги унинг алоҳида белгиси ҳисобланади.

Қайта тикланмайдиган энергия манбалари инсон томонидан электр энергиясини ишлаб чиқариш учун фойдаланиш мумкин бўлган моддалар ва материаллар табиий захираларидир. Уларга ядро ёқилғиси, кўмир, нефт, газ киради. Қайта тикланувчан энергия манбаларидан фарқ қилган ҳолда қайта тикланмайдиган энергия манбалари табиатда аралашма ҳолатда бўлади ва инсоннинг максадли таъсири натижасида олинади. Маълумки, бирламчи энергия ресурсларининг айланма истеъмоли XX аср давомида 10 мартадан кўпроққа ортди. Инсониятнинг қўп қисми анъанавий энергия манбаларини битмас-туганмас эмаслигини, шунингдек улардан фойдаланилганда атроф-мухитга етказиладиган зарарни тушуниб етди. Олимларнинг баҳолашларича нефт ва газ казиб олиш яқин 10 марттадан кўпроққа ортди. Нефть ва газ яқин ўн йилликгача, кўмир эса юз йилликгача етади. Бу манбаларнинг замонавий энергия балансидаги улуши нефть бўйича –38% ни, газ бўйича –20% ни, кўмир бўйича 27% ни, яъни умуман олганда умумий истеъмолда –85% ни ташкил қилади. Шунинг учун қайта тикланмайдиган энергия манбаларини тугаб бораётган энергия манбалари деб аташ максадга мувофиқ бўлади.

Қайта тикланувчан энергия манбаларининг имкониятлари ҳақида айтишдан олдин уларнинг ресурсларини ва жаҳондаги техник потенциални баҳолаш зарур.

Қайта тикланувчан энергия қуввати балансида 99,9% ни ташкил этадиган куёш энергияси етакчи ролни ўйнайди. 0,09% ва 0,01% қисмлар эса мос равишда ернинг ички энергиясига ва гравитацион кучларига тўғри келади (1.1-жадвал).

Бешта асосий энергия манбалари мавжуд;

- куёш нурланиши;
- куёш ой ва ернинг ҳаракати ва тортишиши (гравитацион тортишиш);
- ер ядросининг иссиқлик энергияси, шунингдек кимёвий реакциялар ва ернинг қобиғида радиоактив бўлинишлар;
- ядро реакциялари;
- турли моддаларнинг кимёвий реакциялари.

Энергия манбаларининг ресурслари

Энергия тури	Ресурслар, ГВт, соат / йил		
	Назарий	Техник	
		жахонда	МДХ да
Куёш энергияси:			
ер атмосферасининг юкори чегарасида	183 000	-	-
ер сиртида	7 913	5 708	5 36
шу жумладан:			
куруклик сиртида	26 370	2 283	2 17
дунё океани сиртида	49 543	3 425	320
Шамол энергияси	1 982	21	3,4
Геотермал энергия (10 км чуқурликкача):			
сув манбалар	34	0,4	0,02
гидротериал ресурслар	1 256	137	6,8
шамолгеотериал ресурслар	3 4247	2853	137
Дунё океани энергияси	39 954	3 99	90
Шурлик градиенти	11,5	0,6	0,14
Иссиклик (харорат градиенти) окимлар	8	0,14	0,023
урилишлар	3	0,8	0,2
урлишлар	0,9	0,023	0,006
денгиз тулкинлари шамоллари	2,5	0,09	0,023
Биомасса энергияси:			
курукликда	41	4,6	0,37
денгиз океанида	22	1,7	0,14
органик чикиндилар.	2,3	1,4	0,08
Гидроэнергия:			
Катта сув окимлари	3,7	1,7	0,23
Кичик сув окимлари	1,7	0,85	0,06

Қайта тикланувчан энергия манбалари ўзининг нисбий тозалиги билан афзалдир. Шунинг учун янги энергия манбаларини очишнинг принципиал имкониятлари ва улардан фойдаланишни юзага келтирди. Бунда қайта тикланувчан энергияни электр ва иссиқлик энергиясига ўзгартириш учун самарадор қурилмалар яратиш керак бўлади.

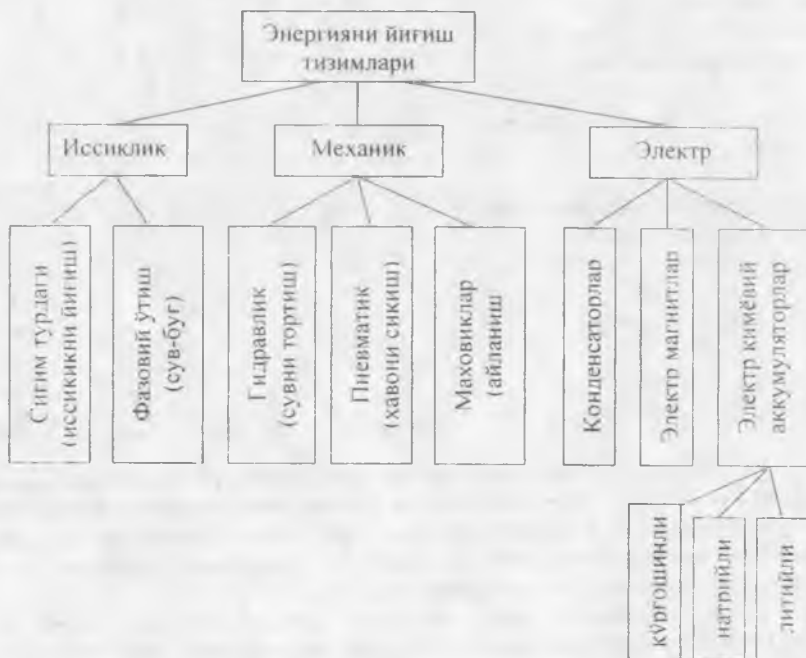
Қайта тикланувчан энергияни кўпроқ ўзига тортадиган нурлари куёш энергияси, ер қобиғидан келадиған иссиқлик геотермал энергияси, оким қўйилишдан фойдаланиладиган гидравлик энергия ва ер, ой ва қўшнинг ўзаро гравитацион таъсирланиши натижасида вужудга келадиған шамол энергияси ҳисобланади.

1.1.2. Энергияни йиғиш тизимлари

Куёш радиациясининг интенсивлиги ва шамол оқимининг тезлиги ўзгариб туради ва кўпинча бетартиб характерга эга бўлади ва табиийки, куёш нурланиши энергияси ва шамол оқими энергияси суткалик вақт интервалида ўзгартириш имкониятини бермайди. Бирок, ҳар бир манбанинг ўзгарувчанлиги турли амплитудага ва давомийликка эга бўлади: куёш энергияси суткалик амплитудада сезиларли детерминантланган ташкил этувчига эга бўлади; шамол энергияси қисқа вақтли қисмда (соатда ва соатли улушларида) сезиларли импульсли ташкил этувчиларга эга бўлади.

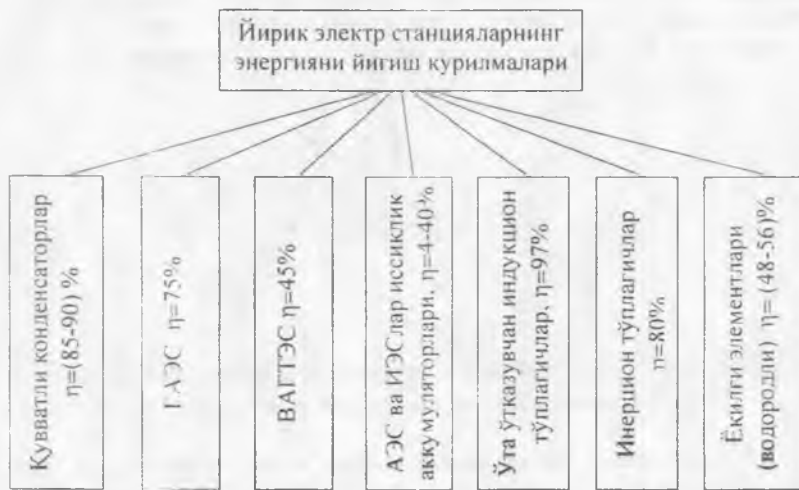
Шундай қилиб, қайта тикланувчан энергиянинг ҳар бир манбаи энергия туپлаш тизимлари талаблари нуктаи назаридан уз афзалликларига эга. Энергияни иссиқлик, механик ва электр энергияси кўринишида сақлашга мўлжалланган турли энергияни йиғиш тизимлари мавжуд бўлиб, уларни техник жиҳатдан амалга ошириш имконияти бор.

1.1-расмда кўп тарқалган энергияни йиғиш тизимларининг синфларга бўлиниши келтирилган.



1.1-расм. Энергияни йиғиш тизимларининг синфларга бўлиниши

Энергия йиғиш тизимларидан ҳар бири ўз афзалликларига ва камчиликларига эга бўлиб, улар ҳар бир энергия йиғиш тизимини айрим энергия таъминоти тизими учун самарали бўлишини кўрсатади. Энергия таъминотини амалга ошириш учун қайта тикланувчан манбалар энергияларини йиғишда 1.2-расмда келтирилган тизимлар кенг қўлланилади. Бу аккумуляторлар қайта тикланувчан энергияни электр энергиясига ўзгартириш технологик схемаларининг таркибий қисми бўлиши мумкин ва электр энергиясини ишлаб чиқаришни стабиллаш имконини беради. Масалан, гидроэнергия тўплаш электр станциясида аккумулятор сифатида юқори сув тўплами хизмат қилади. Масалан, энерготизим юклама графигида тундаги юклама камайиши кузатилса, ГТЭС агрегатлари насос режимида сувни юқори сув тўпламига чиқаради. Суткалик юклама графигида кундузги вақтларда энергия истеъмоли ортганда чиқарилган сув энергияси электр энергиясини ишлаб чиқариш учун ишлатилади.



1.2-расм. Энергия йиғиш қурилмаларининг турлари

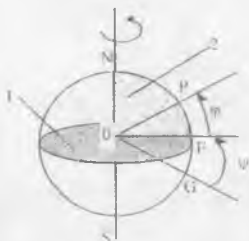
Келтирилган қайта тикланувчан энергия йиғиш тизимлари асосан, катта энергетикада қўлланилади. Кичик энергетика учун энергия йиғишнинг самарали тури бўлиб гальваник элементлар, яъни кимёвий аккумулятор батареялари ёки синимли йиғувчилар ҳисобланади.

1.1.3. Қуёш энергияси ва уни ўзгартириш усуллари

Ерга тушадиган қуёш нурланиши оқимининг энг катта зичлиги 0.3-2.5 мкм тўққин узунликлари диапазонида тахминин 1 кВт/м^2 ни ташкил қилади.

Бу нурланиш киска тўлкинли ҳисобланади ва қўринадиган спектрни ўз ичига олади. Аҳоли яшайдиган жойлар учун жойга, куннинг вақтига ва об-ҳавога боғлиқ равишда ерга тушадиган қуёш энергияси оқимлари кун давомида 3 дан 10 МЖ/м² гача ўзгаради. Қуёш нурланиши қуёш сиртида 6000^oК ҳарорат бўлганида аниқланадиган тарқалиш максимумида фотонлар энергияси (тахминан 2 эВ) орқали характерланади. Ер сиртини атмосфера билан боғловчи нурланиш энергияси оқимлари ҳам тахминан 1 кВт/м² га тенг, лекин улар 10 мкм атрофидаги максимумли, узун тўлкинли дейиладиган 5-25 мкмли бошқа спектрал диапазонни ёпиб қўяди. Спектр бўйича киска тўлкинли ва узун тўлкинли нурланишлар бир-биридан етарлича узоқда жойлашган ва уларни осон ажратиш мумкин.

Маълум вақтларда маълум жойларда маълум тарзда қуёш қурилмасига бериладиган энергия сифатида қуёш нурланиши энергиясидан фойдаланиш мумкинлигини кенгрок кўрсатиш учун ер ва қуёш геометриясини тасаввур қилиш фойдали бўлади. 1.3-расмда ернинг тузулиши келтирилган. Ер ўз ўқи атрофида 24 соатда айланиб чиқади (ўқ N ва S шимолий ва жанубий нукталар орқали ўтади). Ўқ экваториал текисликка перпендикуляр йўналган. Ер сиртидаги P, E ва G нукталар φ кенглик ва ψ узунлик орқали характерланади.



1.3-расм. φ кенглик ва ψ узунликни аниқлаш схемаси.
1-экваториал текислик, 2-меридионал текислик

P нуктадаги ω соатли бурчак қуёшли ярим кун моментидан ернинг бурилиш бурчаги ҳисобланади. Ер 1 соатда 360^o/24=15^o бурчакка бурилади, у ҳолда соатли бурчак қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$\omega = (15^{\circ} \cdot \text{с}^{-1}) \cdot (t_{\text{солан}} - 12 \text{ с}) = (15^{\circ} \cdot \text{с}^{-1}) \cdot (t_{\text{зонс}} - 12 \text{ с}) = \omega_{\text{қў}} = (\psi - \psi_{\text{зонс}}), \quad (1.1)$$

бу ерда $t_{\text{солан}}$ ва $t_{\text{зонс}}$ -мос равишда маҳаллий қуёш ва декрет вақт (соатларда): $\psi_{\text{зонс}} - t_{\text{зонс}}$ вақт ярим кунга мос келганда қуёш жойлашадиган кенглик (маҳаллий қуёш ва декрет вақтлар мос келганда, яъни $t_{\text{солан}} = t_{\text{зонс}}$ бўлганда).

Ер қуёш атрофида йилига бир марта айланади (1.4-расм). Ер ўқининг йўналиши айланиш текислиги нормал чизигига фазода $\delta_0 = 23.5^{\circ}$ бурчак остида ўрнатилган ҳолда сакланади. Қуёшга йўналиш ва экваториал текислик орасидаги бурчак δ оғиш дейилади ва мавсумий ўзгаришлар мезони

хисобланади. Оғиш куёш вакти бўйича куёш уфқда жойлашган нукта кенглигидир. Шимолий ярим шарда δ ёзги куёш туриш давридан $\delta_0 = +23,5^{\circ}$ дан кишки куёш туриш даврига $\delta_0 = -23,5^{\circ}$ га секин ўзгара бошлайди, яъни

$$\delta = \delta_0 \cdot \text{Sin}[360^{\circ} \cdot (284 - n) / 365] . \quad (1.2)$$

бу ерда n -йил куни ($n = 1$ 1 январга мос келади)

Барча томонларга тарқаладиган куёш нури энергияси $4 \cdot 10^{20}$ млн. кВт ни ташкил қилади. Бу миқдордан ерга миллиарддан бир қисми тушади ва у $1,78 \cdot 10^{17}$ Вт ташкил этади. Ерда фойдаланиладиган энергия эса $3 \cdot 10^{11}$ МЖни ташкил қилади. Ернинг сиртига энергиянинг жуда оз қисми тушишининг сабаблари:

- ер айланиш ўқининг оғиши сабабли уфқдан куёшнинг баландлиги;
- атмосферанинг ҳолати;
- сиртларнинг оптик хусусиятлари.

Макбул шароитларда, яъни экваторга яқин жойларда куёш тиккада бўлиб, ҳаво эса очик бўлганида 1 м^2 сиртга 1 кВт гача нурланиш энергияси тушиши мумкин.

Куёш энергиясини ўзгартиришнинг икки усули мавжуд:

1. Куёш энергиясини электр энергиясига тўғридан-тўғри ўзгартириш (фотоўзгартиргичлар ёрдамида).

2. Куёш нурланишини иссиқлик энергиясига ўзгартириш (куёш коллекторлари ёрдамида).

Куёш нурланишини тўғридан-тўғри ўзгартириш учун ярим ўтказгичли материаллардан фойдаланилади.

Куёш батареялари барча радиоэлектрон аппаратураларда кенг қўлланилади. Атроф-муҳит таъсирига барқарорлиги учун улар очик кўнотда ҳарорат $+80^{\circ}\text{C}$ дан -150°C гача бўлган шароитларда ишлаши мумкин. Ярим ўтказгичли куёш элементларининг ташки сирти радиация таъсиридан ва иссиқликдан ҳимояловчи оптик қатлам билан қопланади.

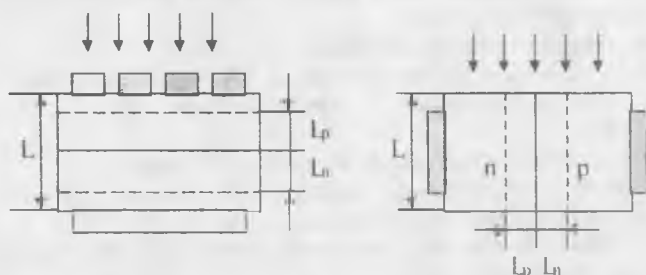
Куёш элементлари

Куёш элементлари тайёрланадиган ярим ўтказгичли элементлар $10^{-2} \dots 10^2$ ом см солиштирма қаршилиққа эга. Ярим ўтказгичлар p -турли ва n -турли бўлади. Куёш энергиясини электр энергиясига ўзгартириш жараёни фотоэлектрик эффект орқали амалга ошрилади. У ярим ўтказгич сирт қатламларида 2-3 мкм қаллиқдаги эркин электронлар кўринишида вужудга келади. Ярим ўтказгич сиртида эркин электронларнинг пайдо бўлиши ва электр потенциаллар фарқи юзага келганида унда электр токи вужудга келади. Потенциаллар фарқи ярим ўтказгичнинг нурланадиган сирти ва соя томони орасида унинг сирт қатламларига махсус қўшимчаларни киритиш ҳисобида юзага келади (1.4-расм). Қўшимчалардан бири (n -турли) қўшимча электронларни ва сиртнинг манфий зарядини ҳосил қилади, иккинчиси эса

(р-турли) электронларнинг етишмаслигини, яъни мусбат зарядни ҳосил қилади.

Чегарада электронларнинг диффузияси туфайли контакт потенциаллар фарқи вужудга келади. Агар тешикли утишли (р-турли) ярим ўтказгич ёритилса, у ҳолда унинг электронлари ёруғлик квантларини ютиб электрон утишли (п-турли) ярим ўтказгичга ўтади. Бунда ёпик занжирда электр токи ҳосил бўлади.

Кўпинча кремнийли қуёш элементларидан фойдаланилади. Кремний ерда энг кўп тарқалган элементдир. Элементлар кремнийни эритиш ва кейин 5-10 см диаметри стержен шаклидаги кристалли кремнийни ўстириш йўли билан олинади. Бевосита ярим ўтказгичларни олиш учун бу стерженлар 300 мкм атрофидаги калинликдаги юпка пластинкаларга булинади. Улар фотоэлектрик элементларнинг асосий қисми ҳисобланади.



1 4-расм. p-n утишнинг схемаси

Фотоэлемент ёритилганда 0,5 В кийматли қучланишни ҳосил қилади. Чиқиш токи эса ёруғлик интенсивлигига ва элементнинг ишчи сиртига боғлиқ. Шунингдек ток қучи ёруғликнинг тўлқин узунлигига ва унинг интенсивлигига боғлиқ бўлиб, ёруғликнинг нузлиниш интенсивлигига тўғри пропорционалдир. Ёруғлик қанчалик ёркин бўлса, шунчалик катта ток ҳосил бўлади. Ёруғлик интенсивлиги 1 кВт/м^2 ли ер шароитларида бу элементларнинг фойдали иш коэффициентлари 22-26 фоизга, ишлаб чиқариш намуналарида эса 10-14 фоизга етиши мумкин.

Истикболли қуёш элементларига фойдали иш коэффициентлари 10 фоиздан юқори бўлган сульфид кадмий асосидаги гетероструктурани киритиш мумкин. Яна бир истикболли ярим ўтказгичли материал арсенид галлий ҳисобланади. У нур энергиясини электр энергиясига ўзгартиришда юқори самардорликка эга бўлиб, фойдали иш коэффициентлари 27 фоизгача етиши мумкин. Бу қуёш фотоэлектрик ўзгартиргичларининг энг юқори фойдали иш коэффициентидир. Бундан ташқари 100°C дан юқори ҳароратларда барқарорликка эга. Турли материаллардан ясалган қуёш элементларининг фойдали иш коэффициентлари 1.2-жадвалда келтирилган.

Замонавий куёш элементларининг энергетик тафсифлари

№	Куёш элементи	Максимал ФИК	Тажрибада олинган ФИК
1.	Кремний (<i>Si</i>)	25	23.2
2.	Арсенид галлий (<i>GaAs</i>)	35	29*
3.	Миснинг уч компонентли бирикмасы (<i>CdS-CuInSi</i>)		
	Кадмий-теллур (<i>Cd-Te</i>)	17	10.5
4.	Аморфли кремний (<i>a-Si</i>)	-	15.7
5.	Каскадли элемент (<i>GaAs-GaSb</i>)	-	37*

* — концентрланган нурланишдаги.

1.1.4. Шамол энергияси ва уни ўзгартириш усуллари

Кўпгина ривожланган давлатларда энергия инкирози туфайли ноанъанавий энергия ресурсларини, хусусан шамол энергиясини ўзлаштиришни мақсадли дастурлари қабул қилинган ва татбиқ қилинмоқда. Шамол куёш ва ер айланиши таъсири натижасида келиб чиқадиган тасодифий бошқарилмайдиган табиат жараёни ҳисобланади. Энергия манбаи сифатида, шамолнинг хусусияти, авваламбор, асосан тезликнинг катта ўзгарувчанлиги орқали унинг доимий эмаслигидир. бунда у асосан тезликнинг катта ўзгарувчанлиги орқали аниқланади. Бу шамол оқими кинетик энергиясининг вақтнинг нисбатан кичик оралиқларида ҳам катта чегараларда ўзгаришга олиб келади.

Турли ҳудудларда шамолнинг йўналиши ва кучи Ер сиртидан баландлиққа боғлиқ равишда турлича ўзгаради. Масалан, шимолий ярим шарда Ер сиртига яқин (10...50 м) жойларда ўртача тезлик 7-9 м/с ни ташкил қилади. 25-30 м/с тезликдан ортиқ шамол тезлиги халқ хўжалигига жиддий зарар етказиши мумкин. шунинг учун шамол энергиясини механик ёки электр энергиясига ўзгартириш учун шамол тезлиги 3-25 м/с бўлганда самарали ҳисобланади.

Ғ кундаланг кесимли ҳаво оқимининг энергияси қуйидагига тенг:

$$E = m \cdot v^2 / 2 \quad (1.3)$$

Ғ орқали v тезликда оқиб ўтувчи ҳавонинг секунддаги массаси m мос равишда қуйидагига тенг бўлади:

$$m = \rho \cdot F \cdot v \quad (1.4)$$

у холда

$$E = \rho \cdot v^3 \cdot F/2 \quad (1.5)$$

бу ерда ρ – хавонинг зичлиги, нормал шароитларда ($t=15^\circ\text{C}$, $p=1,3$ кПа ёки 760 мм.сим.уст.) $1,23 \text{ кг/м}^3$ га тенг бўлади.

Шундай қилиб, шамол энергияси унинг тезлигининг кубига пропорционал ўзгаради. Шамол ғилдираги фақат шамол энергияси фойдаланиш коэффиценти орқали баҳоланадиган энергияни маълум қисмини фойдали ишга ўзгартириши мумкин. Замонавий шамол двигателлари (ШД) нормал иш режимида шамол орқали кинетик энергиясининг 45-48% дан ортиқ бўлмаган қисмини механик энергияга ўзгартиради.

И.Е.Жуковский назарияси бўйича идеал хол учун

$$\xi = E_{\text{шд}}/E, \quad \xi = 0.593 \quad (1.6)$$

яъни шамол ғилдираги қабул қилган тўла энергия оқимининг бир қисмини шамол двигатели механик энергияга ўзгартиради.

1 м² кўндаланг кесим оқимда $t=15^\circ\text{C}$ ва $p=1,3$ кПа булганида солиштирма кувват (секунд энергия) қуйидагини ташкил қилади:

Шамол тезлиги, м/с	4	6	8	10	14	18	22
Оқим куввати, кВт/м ²	0.04	0,13	0,31	0.61	1.67	3,6	6.25

Шамол ғилдираги ҳосил қиладиган секундли иши ёки кувват қуйидаги формула орқали аниқланади:

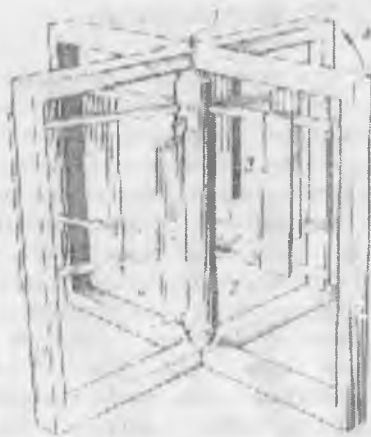
$$E = \rho \cdot v^3 \cdot F \cdot \xi/2, \text{ н·м/с} \quad (1.7)$$

1.1.5. Шамол энергияси қурилмалари

Ҳаво оқими ҳам, исталган ҳаракатланувчи жисм ҳам ҳаракат энергиясига эга бўлади. Бу кинетик энергия шамол ғилдираги ёки бошқа ишчи орган ёрдамида механик энергияга ўзгартирилади.

Шамол қурилмаларининг вазифасига кўра механик энергия ижрочи механизмлар (генераторлар, компрессорлар, электролизлар ва бошқалар) ёрдамида электр, иссиқлик, механик, шунингдек, сиқилган ҳаво энергиясига ўзгартирилиши мумкин. Ҳаво оқими кинетик энергиясини механик энергияга ўзгариши учун турли турдаги шамол двигателларидан фойдаланиш мумкин. (1.5–расм). Ҳаво оқими кинетик энергиясини электр энергияга ўзгартириш учун масалан, “Whisper”, “Acro-Cruft” турдаги шамол энергияси қурилмаларидан фойдаланилади.

Шамол энергиясини электр энергиясига узгартирадиган асосий механизм шамол турбинаси хисобланади. У бошка турбиналарга караганда кўпрок деталлар сонига эга. Шамол втулкага маҳкамланган паррақларни айлантиради ва улар биргаликда айланади. Шундай қилиб, паррақлар ва втулка биргаликда роторни ташкил қилади. Шунингдек, турбинани паррақларини айлантирадиган ва тухтатадиган контактлар мавжуд. Генератор айланади ва электр энергияни ишлаб чиқаради. Генератор, контроллер ва бошка қурilmалар паррақлар орқасидаги қутига жойлаштирилади. Анемометр шамол тезлигини аниқлайди ва бу ахборотни контроллерга узатади.



1.5-расм. Аргимчосимон шамол двигатели модели: А-айланиш йуналиши, 1-вертикаль уқ, 2-горизонтал планкалар, 3-буриладиган паррақлар, 4-паррақлар уқи

Шамолнинг тезлиги 15-23 км/соатга етганида шамол агрегати айлана бошлайди, тезлик 100 км/соатда ортганида механизмни шикастланишлардан сақлаш учун улар автоматик равишда тўхтайтиди. Шамол агрегатларининг баъзи бир моделлари шамол кучига боғлиқ бўлмаган ҳолда ўзгармас тезлик билан айланади. Баъзи бир янги моделларнинг тезлиги шамол билан айланади. Баъзи бир янги моделларнинг тезлиги шамол тезлиги билан бирга ўзгаради, бу уларни самаралироқ бўлишини таъминлайди.

Шамол агрегатларида асосан 2 ёки 3 та паррақлар булади. Катта бўлмаган турбиналар 100 кВт гача электр энергияси ишлаб чиқаради. Уларни фотоэлектр панеллар билан ишлатиш мумкин. Бундай "уй шамол агрегати" нини паррақлари 2-8 м улчамга эга ҳамда 40 м лар атрофидаги баландликка

жойлаштирилади ва у кичик корхонани электр энергияси билан таъминлаши мумкин.

Катта шамол агрегатларидан 750 кВт дан 2 МВт гача қувватли турбиналар кенг тарқалган бўлиб, улар ҳам шамол электростанцияларига жойлаштирилади.

Катта қувватли меговатли турбиналар катта ўлчамларга эга бўлиб, уларнинг янги моделлари 2 дан 5 МВт гача қувватли электр энергиясини ишлаб чиқаришга қодир. Кучли денгиз шамоли айлантира олиши учун уларни одатда Қирғоққа яқинроқдаги сувга жойлаштирилади. Бундай шамол агрегатлари ҳозирда Буюк Британия, Германия, Дания ва бошқа мамлакатларда ишлатилмоқда.

1.2. Трансформаторлар

Трансформатор деб, бир параметрдаги ўзгарувчан ток энергиясини бошқа параметрдаги ўзгарувчан ток энергиясига ўзгартириб берувчи статик электромагнит қурилмага айтилади. Ўзгарадиган параметрлар ток, кучланиш, фазалар сони, частота (махсус трансформаторларда) бўлиши мумкин.

Электр таъминоти қурилмаларида трансформаторлар кўпинча бир қийматдаги ўзгарувчан кучланишнинг бошқа қийматдаги ўзгарувчан кучланишга ўзгартириш учун қўлланилади. Қувват бўйича трансформаторлар куч трансформаторлари (бир кВА дан юзлаб кВА ларгача), кичик қувватли трансформаторларга (ВА бирликларида кВА бирликларигача) бўлинади. Кичик қувватли трансформаторлар телекоммуникация ва радиоаппаратураларида кучланиш ёки токни ўзгартириш учун мослаштирувчи ёки ажратувчи трансформаторлар сифатида қўлланилади.

Куч трансформаторлари радиокорхоналар ва симли алоқа корхоналари таъминот занжирларида қўлланилади.

Трансформатор ўзгарувчан ток аппарати бўлиб, ўзгармас токда ишламайди.

Ҳар қандай трансформатор икки асосий қисм, яъни берк пулат ўзакдан ва мис симдан ўраладиган чўлғамлардан иборат. Трансформатор ўзаги махсус электротехник пулат пластиналардан йиғилади. Бу пластиналар қалинлиги трансформатор ишчи частотасига боғлиқ, частота қанча юқори бўлса, пластина шунча юпка бўлади. Ўзак шакли ва унда чўлғамларнинг жойлашиши бўйича трансформаторлар стерженли, бронли (ш-симон), торреодал ва лентасимон кесимли бўлиши мумкин. Бажарилиш схемаси бўйича трансформаторлар (яъни чўлғамлар сони бўйича) бир, икки ва кўп чўлғамли бўлиши мумкин. Электр энергияси манбасига уланадиган чўлғам бирламчи, истеъмолчига уланадиган чўлғам эса иккиламчи чўлғам дейилади.

Трансформаторнинг бирламчи чўлғаи битта, иккиламчи чўлғамлари эса бир нечта бўлиши мумкин. Бир чўлғамли трансформатор автотрансформатор дейилади (ТВ стабилизаторидаги маиший трансформатор). Унда иккиламчи чўлғам бирламчи чўлғамнинг бир қисми ҳисобланади. Унда бирламчи ва иккиламчи томонлар орасида ҳам магнит,

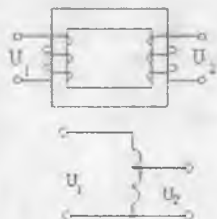
хам электр алоқа мавжуд. Икки чўлғамли трансформатор битта бирламчи ва битта иккиламчи чўлғамларга эга бўлади. Улар бир-бирларидан электр жихатидан изоляцияланади. Кўп чўлғамли трансформатор битта бирламчи ва бир неча иккиламчи чўлғамларга эга бўлиб, улар бир-бирлари билан электр жихатдан боғланмайди.

Ишчи частотаси буйича трансформаторлар шартли равишда куйидагиларга ажратилади;

- камайтирилган частотали (50 Гцдан кичик).
- саноат частотали (50 Гц)
- оширилган частотали (100 Гц-10 кГц)
- юқори частотали (10 кГцдан юқори).

Фазалар сони буйича трансформаторлар бир фазали (1.6-расм) ва кўп фазали (уч фазали, олти фазали ва х.к.) бўлиши мумкин. Бирламчи чўлғам фазалари сони электр энергияси манбаи фазалари сони орқали, иккиламчи чўлғам фазалари сони эса трансформаторнинг схемадаги вазифаси орқали аниқланади.

Кучланиш буйича трансформаторлар кичик кучланишли (унинг ҳар қандай чўлғамининг кучланиши 1000 В дан кичик бўлади) ва юқори кучланишли (унинг чўлғамларидан қамида бирининг кучланиши 1000 В дан катта бўлади) трансформаторларга бўлинади.



1.6-расм. Бир фазали трансформатор схемаси

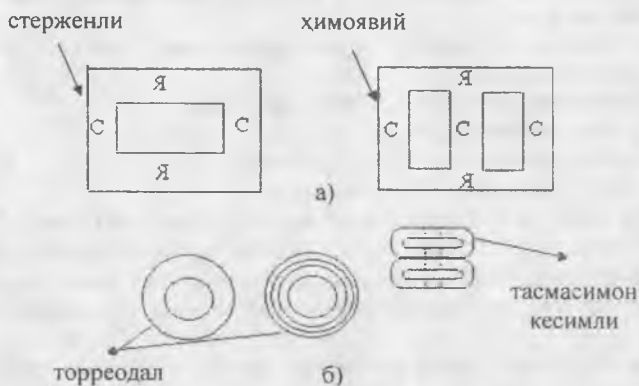
1.2.1. Трансформаторнинг тузилиши

Трансформаторнинг асосий қисмлари берк пўлат ўзак (магнит ўтказгич) ва унга ўраладиган чўлғамлар ҳисобланади. Ўзақлар стерженли, химоявий, торреодал, тасмасимон кесимли бўлиши мумкин (1.7-расм).

Ўзакнинг чўлғам ўраладиган қисми стержен, чўлғам ўралмайдиган ва магнит занжирни туташтириш учун хизмат қиладиган қисми эса ярмо дейилади.

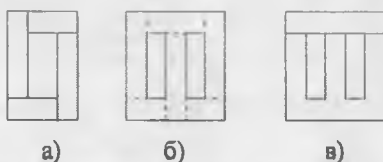
Стерженли бир фазали трансформаторларда чўлғамлар ҳар иккала стерженларга (ҳар бир чўлғамнинг ярми биринчи стерженга ва бошқасига эса иккинчи ярми) ўралади. Химоявий (Ш-симон) бир фазали трансформаторлари ҳар иккала чўлғамлар ўртадаги стерженга ўралади, уч фазали трансформаторларда эса ҳар бир фаза бирламчи ва иккиламчи

чўлгамлар ўз стерженларига ўралади. Торреодал трансформаторлар бир фазали ва кичик қувватли тарзда ясалади. Ўзақлар материали Э-41,42 ва бошқа маркалардаги махсус электротехник пўлат пластиналар хизмат қилади.



1.7-расм. Трансформаторнинг тузилиши

Пластиналар калинлиги трансформатор частотасига боғлиқ. $f=50$ Гц частотада ишлайдиган трансформаторлар учун 0,5 ёки 0,35 ммли калинликдаги пўлат пластиналардан, юқорирок частоталарда ишлайдиган трансформаторлар учун эса 0,2 дан 0,08 ммли калинликдаги пўлат пластиналардан фойдаланилади (1.8-расм).



1.8-расм. Ўзақлар: а, б-стерженли, в-химоявий

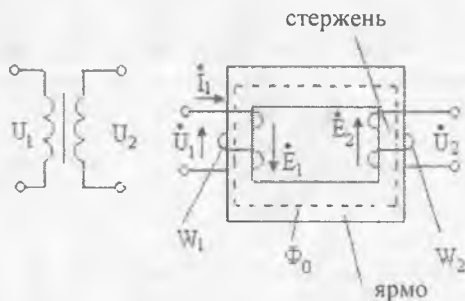
Трансформаторлар ўзгарувчан токда ишлаганлиги учун пўлат ўзақларда уярма тоқлар (Фуко тоқлари) пайдо бўлади, улар трансформатор пўлат ўзагидаги қувват йўқотишларига сабаб бўлади. Бу йўқотишларни камайтириш учун ўзақлар юпка пластиналардан йиғилади ва бу пластиналар бир томонидан бир-бирларидан изоляциялаш учун лак қоплами билан қопланади (ёки юпка қоғоз ёпиштирилади). Стерженли ўзақлар тўғри бурчақли шаклдаги алоҳида пластиналардан йиғилади.

Химоявий ўзақлар штампланган Ш-симон пластиналардан йиғилади. Торреодал ўзақлар оширилган частотали кичик қувватли (ўнлаб Втлар) трансформаторлар учун ясалади.

Кучланишни трансформациялаш коэффициенти буйича трансформаторлар камайтирувчи ва орттирувчи трансформаторларга бўлинади.

1.2.2. Трансформаторнинг ишлаш принципи

Трансформаторнинг ишлаш принципини икки чўлғамли стерженли трансформатор ёрдамида кўриб чиқамиз (1.9–расм).



1.9–расм. Трансформаторнинг ишлаш принципи

Трансформаторнинг ишлаш принципи бир-бирлари билан электр жихатдан боғланмаган ва кўзгалмас икки ёки бир неча чўлғамларнинг ўзаро электромагнит таъсирланишига асослангандир. Чўлғамлар W_1 ва W_2 ўрамлар сони орқали характерланади.

Трансформаторнинг учта: салт ишлаш, қиска туташув ва юклама иш режимлари мавжуд.

Бу режимларни кетма-кет кўриб чиқамиз.

1.2.3. Трансформаторнинг иш режимлари

Трансформаторнинг салт ишлаш режими

Салт ишлаш режимида трансформаторнинг бирламчи чўлғами ўзгарувчан ток манбаига уланади, иккиламчи чўлғамининг учлари эса очик қолади, яъни иккиламчи чўлғам токи нолга тенг бўлади. U_1 кучланиш синусоидал конун буйича ўзгаради деб олайлик. Унинг таъсирида бирламчи чўлғамдан (ўзақлар сони W_1 бўлган) салт ишлаш токига тенг бўлган $I_1=I_0$ синусоидал ток оқиб ўтади. I_0 токнинг қиймати трансформатор қувватига боғлиқ; кичик қувватли трансформаторларда I_1 ток номинал қийматининг 25-30 фоизига, катта қувватли трансформаторларда эса I_1 ток номинал қийматининг 3-10 фоизигача етади. I_1 ток таъсирида $F_0=I_0 \cdot W_1$ магнитловчи куч вужудга келади ва бу куч трансформатор ўзагида Φ магнит оқимини ҳосил қилади. Унинг катта қисми трансформатор магнит ўзагида туташади ва

бирламчи (ўрамлари сони W_1 бўлган) ва иккиламчи (ўрамлар сони W_2 бўлган) чўлғамлар барча ўрамларни кесиб ўтадиган Φ_0 асосий магнит оқимини ҳосил қилади. Φ магнит оқимининг унга катта бўлмаган қисми бирламчи чўлғам атрофида ҳавода туташади ва фақат бирламчи чўлғамга боғланган Φ_{1S} таркалиш оқимини ташкил қилади.

Φ_{1S} оқим бирламчи чўлғамда таркалиш ЭЮКини индукциялайди:

$$e_{1S} = -W_1 \frac{d\Phi_{1S}}{dt} \quad (1.8)$$

Асосий магнит оқими Φ_0 эса бирламчи ва иккиламчи чўлғамларда ЭЮКларни индукциялайди.

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \quad (1.9)$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi_2}{dt} \quad (1.10)$$

Агар Φ_0 оқимни синусоидал деб ҳисобласак, яъни $\Phi_0 = \Phi_{0m} \sin \omega t$ бўлса, у ҳолда индукцияланган ЭЮКлар (1.9) ва (1.10) ларга мувофиқ қуйидаги тарзда ёзилади:

$$e_1 = -W_1 \cdot \omega \cdot \Phi_{0m} \cdot \cos \omega t = \omega \cdot W_1 \cdot \Phi_{0m} \cdot \sin (\omega t - \pi/2) \quad (1.11)$$

$$e_2 = -W_2 \cdot \omega \cdot \Phi_{0m} \cdot \cos \omega t = \omega \cdot W_2 \cdot \Phi_{0m} \cdot \sin (\omega t - \pi/2), \quad (1.12)$$

бу ерда $\omega W_1 \Phi_{0m} = E_{1m}$, $\omega W_2 \Phi_{0m} = E_{2m}$, яъни e_1 ва e_2 ҳам синусоиал конун бўйича ўзгаради, лекин фаза бўйича $\pi/2$ бурчакка орқада қолади. Амалда ЭЮКларнинг оний қийматларига эмас, таъсир этувчи қийматларига таянилиб, улар қуйидаги формулалар орқали аниқланилади:

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi_2}{dt} \quad (1.13)$$

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega W_1 \cdot \Phi_{0m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi \cdot W_1 \cdot \Phi_{0m}}{\sqrt{2}} = 4.44 \cdot f \cdot W_1 \cdot \Phi_{0m}, \quad (1.14)$$

$$E_2 = 4.44 \cdot f \cdot W_2 \cdot \Phi_{0m} \quad (1.15)$$

(1.9) ва (1.10) формулаларда кўринадики, бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ЭЮКлари бу чўлғамлар ўрамлари сонларига тўғри пропорционал, яъни ўрамлар сони қанча катта бўлса, чўлғам ЭЮКи шунча катта бўлади.

Трансформаторларни $W_1 > W_2 = E_1/E_2 = n$ нисбати билан характерлаш кабул қилинган. Бу нисбат трансформация коэффициентини дейилади. У бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари ЭЮКлари ўзаро неча марта фарк қилишини кўрсатади. Кўп сонли ўрамларга эга бўлган чўлғам юқори кучланишли чўлғам, кам сонли ўрамларга эга бўлган чўлғамлар эса паст кучланишли чўлғамлар дейилади.

Агар $W_1 > W_2$ бўлса, трансформатор камайитирувчи, $W_1 < W_2$ бўлса, трансформатор орттирувчи трансформатор дейилади. Трансформатор тармоқдан $S_1 = U_1 \cdot I_1$ қувватни истеъмол қилади, у иккиламчи томондаги $S_2 = U_2 \cdot I_2$ қувватдан катта ёки унга тенг бўлади, яъни $S_2 < S_1$. Шунинг учун трансформатор чўлғамидаги кучланиш қанча катта бўлса, ундаги ток шунча кичик бўлади, яъни

$$n = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{I_2}{I_1} \quad (1.16)$$

Агар трансформатор бирламчи чўлғамидаги ва ўзакдаги энергия исрофи ҳисобга олинмаса ва бутун Φ магнит оқим бўйича туташади, деб ҳисобласак, E_1 ЭЮК Ленц қонуни бўйича U_1 берилган кучланишга қиймат бўйича тенг, ишора бўйича эса қарама-қарши бўлади, яъни $-E_1 = U_1$ бўлади. Лекин амалда ўзакдаги ва магнит оқими тарқалиши исрофларини ҳисобга олмасдан бўлмайди. Шунинг учун реал трансформаторларда I_0 салт юриш токи I_{0a} актив ва I_{0p} реактив ташкил этувчиларга эга бўлади. I_{0a} актив ташкил этувчи трансформатор магнит ўтказгичларидаги қувват йўқотиш учун сарф бўлади (гистерезис ва уюрма тоқларга), I_{0p} магнит ўзакда Φ_0 асосий магнит оқимини сарф қилишга сарф бўлади, яъни

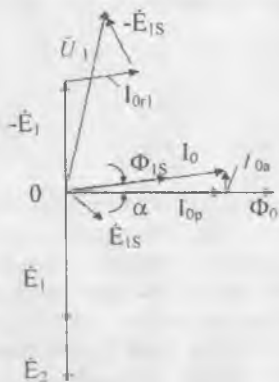
$$I_0 = I_{0a} + I_{0p} \quad (1.17)$$

Бундан ташқари реал трансформаторнинг бирламчи чўлғами r_1 актив қаршилиққа эга, бу қаршилиқда I_0 ток таъсирида $U_{0a} = I_0 r_1$ кучланиш камаяди. Бундан ташқари Φ_{1S} тарқалиш оқимининг мавжудлиги учун бирламчи чўлғамда $E_{1S} = -jx_1 I_0$ тарқалиш ЭЮҚи вужудга келади, бу ерда x_1 -бирламчи чўлғам тарқалиш индуктив қаршилиги. Қирғоқнинг иккинчи қонунига биноан берилган U_1 кучланиш трансформатор бирламчи занжиридаги барча кучланишлар пасайишига тенг бўлиши керак, яъни

$$U_1 = -E_1 - E_{1S} + I_0 r_1 = -E_1 + r_1 I_0 + jx_1 I_0 \quad \text{ва} \quad U_2 = E_2 \quad (1.18)$$

Олинган муносабатларга асосланиб салт ишлаш режимида трансформаторнинг вектор диаграммасини қуриш мумкин (1.10-расм). Вектор диаграммасини қуришни горизонтал йўналишда Φ_0 магнит оқимининг векторини қўйишдан бошлаймиз. Биз синусоидал идеал оқим ҳолатини кўриб чиқаётганлигимиз учун улар индукциялайдиган E_1 ва E_2 ЭЮКлар оқимдан

фаза бўйича 90° га орқа қолади (\cos ишораси алмашгани учун). Мусбат айланиш йўналиши сифатида соат мили йўналишига қарама-қарши йўналиш қабул қилинади. Токнинг реактив ташкил этувчиси I_{op} , Φ_0 оқимнинг йўналишига мос тушади, актив ташкил этувчиси I_{oa} эса, Φ_0 оқимни 90° га орқада қолдиради. I_0 ток геометрик ($I_{oa} + I_{op}$) сумма каби аниқланади. Φ_0 ва I_0 орасидаги бурчак магнит кечикиш бурчаги ёки магнит йўқотишлар бурчаги дейилади ва пўлат ўзакдаги қувват йўқотилиши қийматиға боғлиқ бўлади. Тарқалиш оқимининг вектори Φ_s , I_0 токнинг йўналишига мос тушади, \dot{E}_{1s} вектор эса ундан 90 фоизга ортда қолади. Кейин (1.18) тенгламадан фойдаланамиз.



1.10–расм. Трансформаторнинг салт ишлаш режимидаги вектор диаграммаси

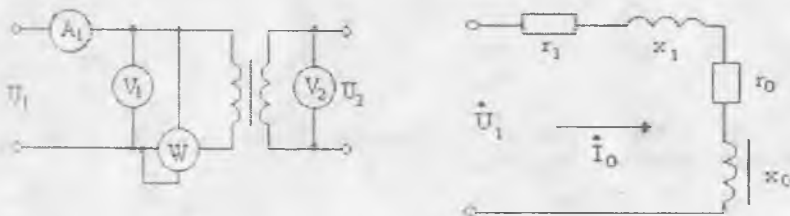
О нуктадан $-\dot{U}_1$ векторни қўямиз ва унинг охирига $I_0 r_1$ векторни I_0 векторга параллел қўямиз. Вектор диаграммадан кўришиб турибдики, салт ишлаш режимида \dot{E}_1 ва \dot{E}_2 векторлар \dot{U}_1 векторга нисбатан 180° фоизга яқин бурчакка сурилган. (1.18) формулада $r_1 + j x_1 = z_1$ белгилаш мумкин, у ҳолда

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + z_1 \cdot I_0 \quad (1.19)$$

Бу комплекс қаршиликнинг модули $z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$ бирламчи чўлғамнинг тўлиқ қаршилиги ҳисобланади. (1.19) формулада $-\dot{E}_1 = I_0 z_0$ алмаштириш мумкин, бу ерда z_1 – пўлат ўзак киритадиган тўлиқ қаршилик. I_0 ток – \dot{E}_1 вектордан фаза бўйича ортда қолаётганлиги учун z_0 қаршилик фақат актив (r_0) ташкил этувчига эмас, индуктив (x_0) ташкил этувчига ҳам эга бўлади, яъни $z_0 = r_0 + jx_0$

x_0 ва r_0 ларда ажраладиган энергия ўзакда асосий магнит оқимини ҳосил қилиш ва унда вужудга келадиган йўқотишларни қоплаш учун сарфланади.

Буни ҳисобга олиб (1.19) формула $\dot{U}_1 = \dot{I}_0 z_1 + \dot{I}_0 z_0 = \dot{I}_0 (z_1 + z_0)$ тенглик кўринишига ўзгартирилади. Бу тенгламага асосланиб салт ишлаш режимидаги трансформаторнинг эквивалент схемасини чизамиз (1.11–расм).



1.14–расм. Салт ишлаш тажрибасини ўтказиш схемаси ва унинг эквивалент схемаси

Трансформаторнинг параметрларини аниқлаш учун салт ишлаш тажрибаси ўтказилади. Кўп трансформаторларда салт ишлаш режимида бирламчи чўлғамдаги қувват йўқотишлари кам, иккиламчи чўлғамдаги қувват йўқотишлари эса 0 га тенг бўлганлиги учун $\dot{E}_1 \approx \dot{U}_1$, $\dot{E}_2 = \dot{U}_2$ деб ҳисоблаш мумкин. Шундай қилиб, салт ишлаш режимида $n \approx U_1/U_2$ трансформациялаш коэффициенти, ўзақдаги қувват исрофи (бошқача қилиб айтганда салт ишлаш йўқотишлари ёки доимий йўқотишлар) ва салт ишлашдаги z_1 ва z_0 кириш қаршиликлари аниқланади.

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{E}_{s1} + \dot{E}_1 + \dot{I}_0 r_1 = -\dot{E}_1 + r_0 \dot{I}_0 + j \cdot x_0 \cdot \dot{I}_0$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2$$

$$r_1 \neq j \cdot x_1 = z_1$$

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{E}_{s1}$$

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 \cdot z_1$$

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} - \text{тўлиқ қаршилик}$$

Трансформаторнинг юклама режими

Агар трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига юклама уланса, у ҳолда трансформатор ишчи режимда ишлайди (1.12–расм). Бу режимда трансформатордаги физик жараёнлар юклама характерига боғлиқ бўлади. Икки асосий актив-индуктив ва актив-сиғимли юклагани ҳолларни кўриб чиқамиз.

Агар бирламчи чўлғамга V_1 кучланиш берилса, иккиламчи чўлғамни эса юкламага уланса, у ҳолда ҳар иккала чўлғамлардан мос равишда \dot{I}_1 ва \dot{I}_2 тоқлар оқиб ўтади. Улар трансформаторда Φ_{1s} ва Φ_{2s} магнит оқимларини ҳосил қилади. Уларнинг кўп қисми трансформатор ўзағида туташади, қолган кам қисми эса чўлғамлар атрофида Φ_1 ва Φ_2 тарқалиш оқимларини ҳосил

килиб, хавода туташади. Бу оқимлар трансформатор чўлғамларида \dot{E}_{1s} ва \dot{E}_{2s} таркалиш ЭЮКларини ҳосил қилади, улар бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар x_1 ва x_2 индуктив таркалиш қаршиликларига сарфланади, яъни

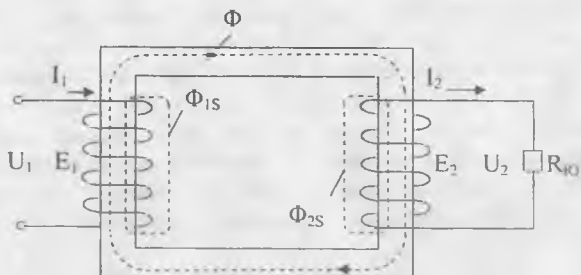
$$\dot{E}_{1s} = -j\dot{I}_1 x_1 \quad (1.20)$$

$$\dot{E}_{2s} = -j\dot{I}_2 x_2 \quad (1.21)$$

Бу ҳолда юкланган трансформатор учун мувозанат тенгламаси куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{1s} + \dot{I}_1 \cdot r_1 = -\dot{E}_1 + j \cdot \dot{I}_1 \cdot x_1 + \dot{I}_1 \cdot r_1 \quad (1.22)$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 + \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 \cdot r_2 = \dot{E}_2 - j \cdot \dot{I}_2 \cdot x_2 - \dot{I}_2 \cdot r_2 \quad (1.23)$$



1.12—расм. Юкланган режимдаги бир фазали трансформатор

Φ_2 оқимнинг ҳосил бўлиши учун Φ_1 оқим хизмат қилганлиги учун Ленц қонуни бўйича улар қарама-қарши йўналади, яъни трансформатор ўзагида натижавий йиғинди оқим вужудга келади. Бу оқим \dot{E}_1 ва \dot{E}_2 ЭЮКлар манбаи ҳисобланади. Агар \dot{I}_2 юклама токи ортса, Φ_2 оқим ортади, у ҳолда Φ камайди, демак, \dot{E}_1 ва \dot{E}_2 ЭЮКлар ҳам камайди. (1.22) тенгламадан кўриниб турибдики \dot{E}_1 камайганда тенгликни сақлаш учун \dot{I}_1 ортиши керак, бу эса Φ_1 оқимни ва Φ йиғинди оқимни орттиради. \dot{I}_1 ток Φ_2 оқимни магнитсизловчи таъсирини компенсациялагунча ортади, яъни Φ оқим қиймати тикланади. Агар \dot{I}_2 камая бошласа (0 гача), Φ оқим ва унга мос равишда \dot{E}_1 ва \dot{E}_2 ЭЮКлар ортади. Лекин \dot{E}_1 ортганда (1.22) \dot{I}_1 ток, яъни Φ_1 оқим камая бошлайди ва мос равишда Φ оқим Φ_0 оқимга тенг бўлиб қолади. Шундай қилиб, трансформаторда йиғинди магнит оқими юклама ўзгаришининг кенг чегараларида деярли ўзгаришсиз қолади ва салт ишлаш оқимига тенг бўлади, яъни

$$\Phi = \Phi_1 - \Phi_2 = \Phi_0 \quad (1.24)$$

Демак, магнитловчи кучни ҳосил қиладиган бу оқим ҳам ўзгаришсиз қолади, магнитловчи куч қуйидаги формула орқали аниқланади: $F_0 = \dot{I}_0 \cdot W_1$, F_0 —трансформатор салт ишлаганидаги магнитловчи куч.

Трансформатор юкламада ишлаганида унинг магнит ўтказгичида $F_1 = \dot{I}_1 \cdot W_1$ ва $F_2 = \dot{I}_2 \cdot W_2$ магнитловчи кучлар мос равишда Φ_1 ва Φ_2 магнит оқимларини ҳосил қилади. У ҳолда натижавий магнитловчи куч $F_n = F_1 \pm F_2 = \dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2$ бўлади.

Йигинди магнитловчи куч $F_n = F_0$, бўлганлиги учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$\dot{I}_0 \cdot W_1 = \dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2 \quad (1.25)$$

Бу тенглама магнитловчи кучлар мувозанат тенгламаси дейилади. Шундай қилиб, трансформатор юклама режимида ишлаганида (1.22) ва (1.23) тенгламалар орқали тавсифланадиган бир-бирларидан электр жиҳатдан мустақил бўлган икки бирламчи ва иккиламчи тармоқлар контурлари қўриб чиқилади. Улар асосида трансформаторнинг вектор диаграммасини ва эквивалент схемасини қуриш мумкин. Лекин бунда бирламчи ва иккиламчи занжирларга тааллуқли бўлган катталикларни таққослаш зарур бўлади. Агар трансформациялаш коэффициентини $n \neq 1$ бўлса, у ҳолда бу катталиклар турлича бўлади. Вектор диаграммалар ва эквивалент схемаларни қуришда қулайлик учун трансформатор иккиламчи чўлғамини бирламчи чўлғамга келтириш қабул қилинган, яъни бирламчи чўлғам ўрамлари сонига тенг бўлган ўрамлар сонини чўлғам бор деб шартли ҳисоблаш мумкин, у ҳолда $E'_2 = E_1 = n \cdot E_2 = E_2 (W_2/W_1)$ бўлади.

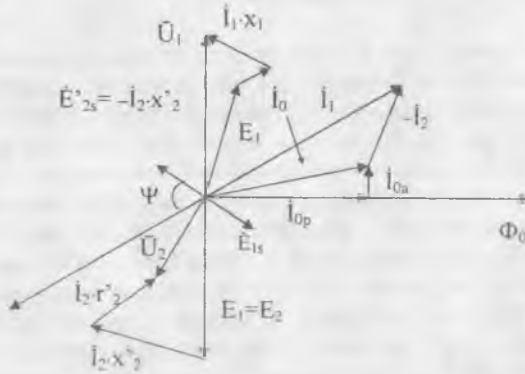
(1.25) тенгламани W_1 га бўлиш мумкин, у ҳолда у $I_0 = I_1 + I_2 \cdot W_1/W_2$ қўринишга, бирламчи чўлғамга келтирилгани эса $I_2 = W_2/W_1 = 1/n \cdot I_2 = I'_2$ қўринишга эга бўлади. Бу ҳолда, чўлғамлар орасидаги электромагнит алокани фақат электр алоқага алмаштириш мумкин. У ҳолда трансформаторнинг актив, индуктив ва тўлиқ қаршиликларини аниқлаш мумкин. Трансформаторнинг вектор диаграммасини қуришни Φ_0 вектордан бошлаймиз. Трансформаторнинг вектор диаграммасини актив-индуктив юклама ҳолат учун қурамыз. Кейин \dot{I}_0 ва $\dot{E}_1 = \dot{E}_2$ векторларни қўямиз. Сўнгра (1.25) тенгламага мувофиқ $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2$ га тенг бўлган \dot{I}_1 векторни қидирамиз. Актив-индуктив юкламада \dot{I}_2 вектор \dot{E}_2 вектордан маълум бурчакка ортда қолади, бирламчи чўлғамга келтирилган \dot{E}_2 тарқалиши ЭЮКи вектор \dot{I}_1 вектордан 90° га ортда қолади. Иккиламчи занжир параметрларини бирламчи занжирга келтирилишида барча қувват йўқотишлари ва электр катталиклар орасидаги фазавий бурчаклар келтиришдан кейин ўзгаришсиз қолиши шарти бажарилади. Иккиламчи чўлғамнинг келтирилган актив қаршилиги $I_2^2 \cdot r_2 = (I'_2)^2 \cdot r'_2 = (I_2/n)^2 \cdot r_2$ шартдан аниқланади. Бундан $r_2 = n^2 \cdot r'_2$ бўлади. Чўлғамнинг индуктив қаршилиги ўрамлар сонининг квадратиغا пропорционал, бундан $x'_2 = W_1/W_2 \cdot x_2 = n^2 \cdot x_2$ бўлади.

Бирламчи чўлғам учун мувозанат тенгламаси қуйидаги қўринишда ёзилади:

$$\bar{U}_k = -\dot{E}_1 + jx_1 \dot{I}_1 + \dot{I}_1 r_1 \quad (1.26)$$

Яъни $I_1 = -I'_2$ деб оламиз ва диаграммани курамиз (1.13-расм).

\dot{I}_1 вектор йўналишини билган холда, (1.22) га мувофиқ \dot{E}_1 векторни $\dot{I}_1 \cdot r_1$ векторга қўшамиз, кейин \dot{E}_{1s} векторни айириб \bar{U}_1 векторни ҳосил қиламиз. Вектор диаграммасидан кўриниб турибдики, иккиламчи чўлғам кучланишиг \bar{U}_2 киймати \dot{I}_2 юклама токига ва юклама характериға (яъни Ψ га) боғлиқ бўлади. Актив-индуктив юкламада \bar{U}_2 абсолют киймати бўйича \dot{E}_2 ЭЮКдан кичик ($|\bar{U}'_2| < |\dot{E}'_2|$), актив-сиғим юкламада эса катта ($|\bar{U}'_2| > |\dot{E}'_2|$) бўлади.



1.13-расм. Трансформаторнинг юкланган режимидаги вектор диаграммаси

Юкланган трансформаторнинг эквивалент схемасини асосий мувозанат тенгламаларини таҳлил қилган холда қуриш мумкин (1.14-расм). Уларни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot z_1 \quad (1.27)$$

$$\bar{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_1 \cdot z_2, \quad (1.28)$$

бу ерда z_1 ва z_2 -бирламчи чўлғамнинг тўла қаршилиги ва иккиламчи чўлғамнинг келтирилган тўла қаршилиги.

$\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = -\dot{I}_0 z_0$ деб белгилаямиз, бу ерда \dot{I}_0 -салт ишлаш токининг вектори, z_0 -магнитловчи контурнинг тўла қаршилиги. Трансформатор иккиламчи чўлғамининг кучланиши юклама бўлганида $\bar{U}_2 = \dot{I}'_2 Z'_{\omega}$ бўлади, бу ерда $Z'_{\omega} = n^2 Z_{\omega}$ -ташки юкламанинг келтирилган тўла қаршилиги. Муозанат тенгламасидан $\dot{I}'_2 = \dot{I}_0 - \dot{I}_1$ га эгамиз. У холда трансформаторнинг иккиламчи чўлғами учун ЭЮКлар муозанат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

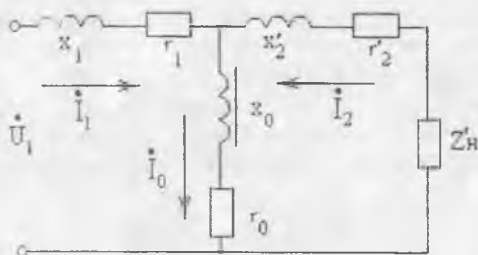
$$(\dot{I}_0 - \dot{I}_1) \cdot Z'_{\omega} = -\dot{I}_0 \cdot z_0 + (\dot{I}_1 - \dot{I}_0) \cdot Z'_2 \quad (1.29)$$

У холда салт ишлаш токи қуйидагига тенг бўлади:

$$I_1 = (Z_2 + Z_{\infty}) / (Z_0 + Z_2 + Z_{\infty}) \cdot I_0 \quad (1.30)$$

Унинг қийматини (1.27) формулага қўйиб қуйидаги кўринишдаги ифодани оламиз:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_0 \cdot z_0 + \dot{I}_1 \cdot z_1 = \dot{I}_1 \cdot z_1 + z_0 \cdot (Z'_0 + Z'_2 + Z'_{\infty}) / (Z'_2 + Z'_{\infty}) \quad (1.31)$$



1.14-расм. Трансформаторнинг юкланган режимидаги эквивалент схемаси

У холда юклама бўлганда трансформаторнинг эквивалент қаршилиги қуйидагича бўлади:

$$Z_1 = Z_1 + Z_0 \cdot (Z_2 + Z_{\infty}) / (Z_0 + Z_2 + Z_{\infty}), \quad (1.32)$$

яъни у икки кетма-кет уланган қаршиликлардан ташкил топади, бу ерда Z_1 — бирламчи чўлғамнинг тўла қаршилиги, иккинчи қўшилувчи Z_0 эса (контурнинг магнитланиши) ва иккиламчи занжир тўла қаршилигини (яъни иккиламчи чўлғам ва трансформатор юкламаси тўла қаршиликларининг кетма-кет уланиши) параллел уланишидир.

Трансформаторнинг қисқа туташув иш режими

Қисқа туташув режимида бирламчи чўлғам тармоққа уланади, иккиламчи чўлғам эса қисқа туташтирилади. Ишлатиш шароитларида қисқа туташув авария режими ҳисобланади ва чўлғамлар тоқлари катта қийматларга ортиб кетади. Бунда чўлғамлар кучли қизийди ва уларни деформациялайдиган катта механик кучлар таъсир қилади.

Лекин, ҳар қандай юкламада трансформатор параметрларини аниқлаш учун қисқа туташув тажрибаси ўтказилади. Бу тажрибада иккиламчи чўлғам қисқа туташтирилади, бирламчи чўлғамга эса пасайтирилган U_k қучланиш

берилади. Бу кучланиш киска туташув кучланиши дейилади ва номиналдан фоизларда ўлчанади, яъни

$$U_k = \frac{U_k}{U_1} \cdot 100\% \quad (1.33)$$

Стандарт бўйича киска туташув кучланиши номинал кучланишнинг 5,5...10.5 фоизини ташкил қилади. U_k қиймат жуда кичик бўлганлиги сабабли I_0 магнитловчи ток ва мос равишда Φ_0 магнит оқими сезиларсиз бўлади, яъни $I_{0k} \approx 0$ бўлади, бунда бирламчи чўлғамнинг магнитловчи кучи иккиламчи чўлғамнинг магнитловчи кучини компенсациялаш учун сарф бўлади. Магнитловчи токни ҳисобга олинмаса (яъни $I_{0k} = 0$), у ҳолда магнит мувозанат тенгламаси $I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 = 0$ кўринишга эга бўлади ва агар трансформаторни келтирилган деб ҳисобланса, у ҳолда $I_1 = -I_2$ бўлади. Иккиламчи чўлғамнинг мувозанат тенгламаси куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\dot{U}'_2 = \dot{E}'_2 - I'_2 \cdot z'_2 = 0 \quad (1.34)$$

яъни

$$\dot{E}'_2 = I'_2 \cdot (r'_2 + j \cdot x'_2) \quad (1.35)$$

Иккиламчи чўлғамдан оқиб ўтадиган I'_2 , ток \dot{E}'_2 вектордан ψ_{2k} бурчакка ортда қолади, у куйидаги шартдан аниқланади:

$$-X_2/r_2 \cdot \operatorname{tg} \psi_2 = \pi/2 \quad (1.36)$$

Трансформаторнинг киска туташув режимидаги вектор диаграммасини куриш мумкин (1.15–расм). Абсиссалар ўқига $\Phi_{\text{макт}}$ кўямиз, ундан $\dot{E}_1 = \dot{E}'_2$ векторлар 90° га ортда қолади, \dot{E}'_2 вектордан эса I'_2 вектор ψ_{2k} бурчакка ортда қолади, бинобарин

$$\dot{E}'_2 = I'_2 \cdot r'_2 + j \cdot x'_2 \cdot I'_2 \quad (1.37)$$

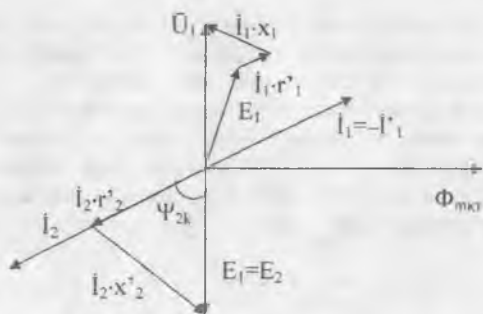
Киска туташув режимида ишлаётган трансформаторнинг эквивалент схемаси куйидаги муносабатлардан келиб чикиб курилади: (1.37) дан куйидагилар келиб чиқади

$$\dot{E}_1 = -\dot{E}'_2 = -(I'_2 \cdot r'_2 + j \cdot I'_2 \cdot x'_2), \quad (1.38)$$

у ҳолда

$$\dot{U}_k = \dot{I}_1 r_1 + j x_1 \dot{I}_1 - \dot{I}'_2 r_2 - j x_2 \dot{I}'_2 = \dot{I}_1 \cdot (r_1 + j x_1 + r'_2 + j x'_2) \quad (1.39)$$

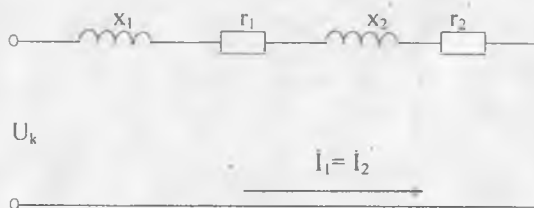
$I_0 = 0$ бўлганлиги сабабли, $z_0 = \infty$, $z_n = 0$, у ҳолда эквивалент схема 1.16–расмда кўрсатилган кўринишда бўлади.



1.15-расм. Трансформаторнинг киска туташув режимидаги вектор диаграммаси

Трансформаторнинг киска туташув қаршилиги $z_k = r_1 + j \cdot x_1 + r_2 + j \cdot x_2$, бундан киска туташувда трансформатор қаршилигининг актив ва реактив қаршиликларини аниқланади:

$$r_k = r_1 + r'_2, \quad x_k = x_1 + x'_2, \quad z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2}$$



1.16-расм. Трансформаторнинг киска туташув режимидаги эквивалент схемаси.

Бу қаршилиқлар трансформатор чўлғамларидаги йўқотишларни аниқлайди ва трансформатор мис чўлғамларидаги P_n йўқотишлар дейилади, чунки киска туташувда I_1 ва I_2 номинал тоқлар оқиб ўтади, трансформаторнинг бутун қуввати чўлғамларнинг кизишига сарф бўлади, $I_0 = 0$, $\Phi_0 = 0$ яъни пўлат ўзакдаги йўқотишлар нолга тенг бўлади.

1.2.4. Трансформаторнинг фойдали иш коэффиценти

Трансформаторнинг тармоқдан оладиган актив истеъмол қуввати P_1 , унинг юкламага узатадиган P_2 қувватига тенг бўлмайди, чунки P_1 қувватни

бир қисми магнит оқимини ҳосил қилиш учун, яъни пўлат ўзақдаги (P_n) ва чўлғамларни қизиши учун, яъни симлардаги йўқотишлар (P_m) учун сарф бўлади, қувватнинг қолган қисми эса юклага узатилади.

Пўлат ўзақдаги қувват йўқотишлар салт ишлашдаги йўқотишларга тенг ва ўзгармас ҳисобланади, симлардаги йўқотишлар эса юклага токига боғлиқ ва I_{12}^2 га пропорционал, яъни ўзгарувчан йўқотишлар ҳисобланади (1.17–расм). Трансформаторнинг ФИКи юклага узатиладиган қувватни истеъмол қувватига нисбатидир, яъни

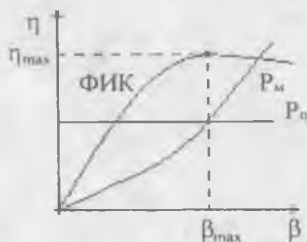
$$\eta = P_2/P_1 \quad (1.40)$$

ФИК кўпинча фоизларда аниқланади:

$$\eta (\%) = (P_2/P_1) \cdot 100 \% \quad (1.41)$$

ёки йўқотишлар ҳисобга олинса:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{ct} + P_m} \quad (1.42)$$



1.17–расм. ФИКнинг максимал қийматини аниқлаш чизмаси

Симлардаги қувват йўқотишлари юклага ток қийматига боғлиқ. $V = \frac{I_2}{I_{2n}}$ муносабат трансформаторнинг юклага коэффициентини дейилади, у номинал юклага нисбатан трансформатор қанча юкланганлигини кўрсатади. $\eta = f(\beta)$ боғлиқликни қуриб чиқамиз. Ундан кўришиб турибдики трансформаторнинг ФИКи ўзгармас ва ўзгарувчан қувват йўқотишлар узаро тенг бўлганида максимал бўлади.

1.2.5. Ўлчов трансформаторлари

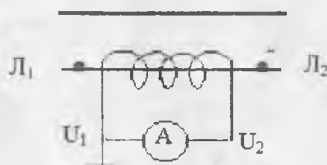
Кўпинча катта ток ва қучланишларнинг ўлчаш ноқулай бўлади, чунки бунда ўлчаш асбобларини яшаш ва ишлатиш мураккаб бўлади. Ўзгарувчан

тоқлар ва қучланишлар ўлчаш чегараларини кенгайтириш ва юкори қучланишдан ўлчаш асбобларини изоляциялаш учун ток ва қучланиш трансформаторлари мавжуд.

Ток трансформаторлари

Ток трансформаторлари катта қийматли (40Агача) токни кичик қийматли токга ўзгартириб беради ва бирламчи қўлғамдаги ҳар қандай ток қийматида иккиламчи қўлғамдаги ток қиймати 5Адан ошмайди.

Бирламчи қўлғамдаги токнинг қийматиға кўра, улар 1 Адан 40 кАгача бўлган 40 градацияға эға. Иккиламчи қўлғам номинал токи 1А, 2А, 2.5А ва 5А бўлиши мумкин. Иккиламчи қўлғамлар бир нечта бўлиши мумкин. Схемада ток трансформатори 1.18– расмда кўрсатилган тарзда белгиланади.



1.21–расм . Ток трансформаторининг схемаси

Бирламчи қўлғам (L_1 - L_2) бир ёки бир неча жуда катта кесимли симли ўрамлардан ташкил топади ва юклама занжирига кетма–кет уланади. Ток ўлчанадиган (U_1 - U_2) иккиламчи қўлғам кичик кесимли симлардан кўп сонли ўрамли тарзда бажарилади ва кичик қаршилиқға эға бўлган амперметр ёки бошқа асбоб ғалтагига кетма–кет уланади (ҳисоблагич, ваттметр ва х.к), яъни ток трансформатори қиска туташувға яқин бўлган режимда ишлайди. Унинг магнит тизими мувозанатға эға эмас. Агар бирламчи қўлғамдаги ток ўзгарганида, иккиламчи қўлғам занжири узилса, яъни $I_2=0$ бўлса, I_1 камаймайди, у ҳолда магнит занжирида жуда катта магнит оқими ҳосил бўлади, бу ўзакни руҳсат этилмайдиган қизишини келтириб чиқаради, хаёт учун хавфли ва иккиламчи қўлғам изоляциясини бузилишиға олиб келади. Хавфсизликни таъминлаш учун ток трансформатори иккиламчи қўлғами ерга уланади. Ишлаётган ток трансформаторининг иккиламчи қўлғамларини ажратиб булмайди. U_1 - U_2 занжирға асбоблар шундай уланадики, асбобдаги токнинг мусбат йўналиши назорат қилинадиган занжирдаги ток йўналиши билан мос тушиши керак.

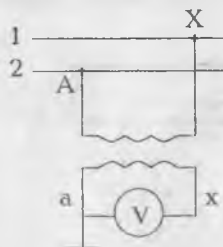
Қучланиш трансформаторлари

Улар кичик қувватли трансформаторлар бўлиб кўп сонли ўрамли (А-Х) бирламчи қўлғамлари ўлчанадиган тармоқнинг чизикли симларига уланади,

(а-х) иккиламчи чўлғам эса вольтметрға ёки катта қаршилиққа эга бўлган бошқа асбобға уланади (1.19–расм).

Трансформациялаш коэффициентини шундай танланадики, тармок номинал кучланишида иккиламчи чўлғам кучланиши 100 В ёки 200 В дан ошмасин.

Кучланиш трансформаторлари шундай уланиши керакки, асбобға бирламчи кучланишга фаза бўйича мос тушадиган иккиламчи кучланиш бериш керак бўлади. Чунки иккиламчи чўлғам қаршилиғи етарлича катта бўлганлиги учун кучланиш трансформаторини салт ишлашга яқин режимда ишлайди деб ҳисоблаш мумкин, яъни иккиламчи чўлғамдаги ток 0 га яқин бўлади. Шундай қилиб, бирламчи ва иккиламчи чўлғам кучланишлари бу чўлғамлар ЭЮКларига тенг бўлган сон жиҳатдан n марттага трансформациялаш коэффициентини фарк қилади.



1.19–расм. Кучланиш трансформаторининг схемаси

Трансформация коэффициентини билган ҳолда вольтметр кўрсатишлари бўйича U_1 кучланишни аниқлаш мумкин. Агар иккиламчи занжирдаги ток ортса, U_2 кучланиш ўзгаради ва ўлчаш аниқлиғи иккиламчи чўлғамдаги кучланишнинг пасайиши ҳисобига камаёди. Чунки бу трансформаторнинг бирламчи чўлғами юқори кучланишли тармокка уланган ва паст кучланишли тармокка ўтиши юз бериши мумкин, у ҳолда ишлатишда иккиламчи чўлғам ерга уланади.

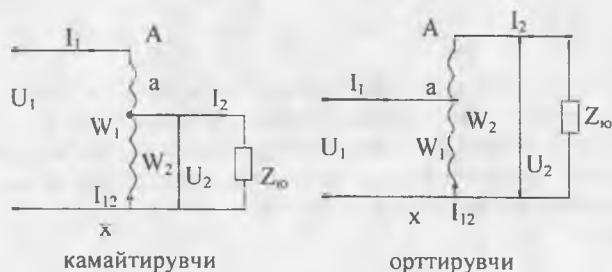
1.3. Автотрансформаторлар

Трансформаторда фақат электромагнит алоқага эга бўлган камида икки чўлғам мавжуд. Автотрансформатор эса битта чўлғамдан иборат бўлиб, у бир вақтнинг ўзида ҳам бирламчи, ҳам иккиламчи тармокка тегишли бўлади.

Автотрансформаторлар орттирувчи ва камайтирувчи бўлиши мумкин. (1.20–расм).

Автотрансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари электромагнит алоқадан ташқари, электр алоқага ҳам эга бўлади. Камайтирувчи автотрансформаторларда W_1 ўрамлар сонли бутун чўлғам (А...х) бирламчи чўлғам, W_2 ($W_1 > W_2$) ўрамлар сонли ва бирламчи чўлғамнинг бир қисми (а...х) эса иккиламчи чўлғам ҳисобланади.

Орттирувчи автотрансформаторларда, аксинча бирламчи чўлғам W_1 ўрамлар сонли бутун чўлғамнинг бир қисми ($a \dots x$), иккиламчи чўлғам эса W_2 ($W_1 < W_2$) ўрамлар сонли бутун чўлғам ($A \dots x$) ҳисобланади. Чўлғамлар бошини A , охирини эса x билан белгилаймиз.



1.20–расм. Автотрансформаторларнинг электр схемалари

Камайтирувчи автотрансформаторларнинг ишлаш принципини кўриб чиқамиз. U_1 бирламчи кучланиш бирламчи чўлғамнинг $A \dots x$ учларига берилади. Салт ишлашда ($I_2=0, Z_{ю}=\infty$) бўлади. Бирламчи чўлғамдаги қувват йўқотишларни эътиборга олинмаса ЭЮКлар мувозанат тенгласини кўйидагича ёзиш мумкин.

Бирламчи чўлғам учун:

$$U_1 = E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \Phi_m \quad (1.43)$$

Иккиламчи чўлғам учун

$$U_2 = E_2 = 4,44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \Phi_m \quad (1.44)$$

Салт ишлаш режимидаги бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ЭЮКлари нисбати автотрансформаторнинг трансформаторлаш коэффициенти дейилади

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = n \quad (1.45)$$

Агар иккиламчи чўлғам $Z_{ю}$ юкламага уланса, иккиламчи чўлғамдан I_2 ток оқиб ўтади (I_1 ва I_2 тоқлар доимо қарама-қарши йўналади). Автотрансформатордаги қувват йўқотишлари трансформатордагидан кам, шунинг учун бу йўқотишлар эътиборга олинмаса, $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ деб қабул қилиш мумкин.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{n} \quad (1.46)$$

Яъни автотрансформатор учун трансформатордаги барча асосий муносабатлар сақланиб қолади

Тармоқ кучланиши ўзгармаганда магнит оқими ўзгаришсиз бўлади, у ҳолда автотрансформаторнинг магнит мувозанат тенгламаси куйидаги кўринишда бўлади:

$$I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 = I_0 \cdot W_1 \quad (1.47)$$

Чўлғамнинг А-х кисмидан бирламчи ва иккиламчи занжирлар тоқлари геометрик фаркига тенг бўладиган I_{12} ток оқиб ўтади, яъни $I_{12} = I_1 - I_2$.

Агар салт ишлаш токи эътиборга олинмаса ($I_0 = 0$) ва I_1 ҳамда I_2 лар қарама-қарши фазадалиги ҳисобга олинса, уларнинг геометрик йиғиндиси арифметик фаркига тенг бўлади, яъни

$$I_{12} = I_2 - I_1 = I_2 \cdot \left(1 - \frac{1}{n} \right). \quad (1.48)$$

Қамайтирувчи автотрансформаторларда $I_2 > I_1$ ва I_{12} ток йўналиши билан I_2 ток йўналиши мос тушади кучайтирувчи автотрансформаторлар қатор афзалликлар ва қамчиликларга эга.

Автотрансформаторнинг трансформаторга қараганда афзалликлари бир хил фойдали қувватда ишлаш ва ўраладиган сим қам сарфланади (чунки А...х қисмдан доимо тоқлар фарқи оқиб ўтадиганлиги учун бу қисмни ингичка симдан ўраш мумкин), кичик қувват йўқотишлари, юқори ФИК, юқлама ўзгарганда кучланишнинг қам ўзгариши ҳисобланади. Бу афзалликлар трансформация қозғициенти бирга яқин бўлганда юқори бўлади, шунинг учун автотрансформаторлар иккидан қатта бўлмаган трансформация қозғициентларида қўлланилади.

Автотрансформаторда қувват бирламчи чўлғамдан иккиламчи чўлғамга қувват фазали электромагнит йўл билан эмас, балки электр йўл билан чўлғамлар орасидаги тўғридан-тўғри электр алоқа орқали узатилади. Бу автотрансформаторнинг куйидаги қамчиликларини юзага келтиради :

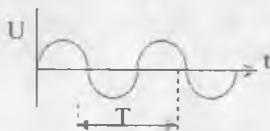
1) юқори кучланишни кичик кучланишли тармоққа ўтиш имқонияти, чунки чўлғамлар орасида тўғридан-тўғри электр алоқа бор. Шунинг учун агар энергия истеъмолчиси ерга уланган қутбга эга бўлса автотрансформаторни ишлатиб бўлмайди;

2) автотрансформатор кичик қиска туташув қаршилигига эга, яъни қиска туташув тоқлари трансформатордагига қараганда анча қатта бўлади.

1.4. Уч фазали занжирлар

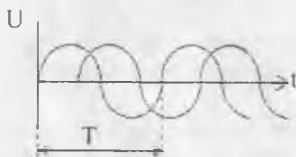
Юқорида f частотали синусоидал ЭЮҚга эга бўлган электр занжирлар ҳақида айтган эдик. Унинг графиги 1.24-расмда келтирилган. Лекин умумий электр энергия манбаи ҳосил қиладиган, фаза бўйича ўзаро қандайдир

бурчакка сурилган, бир хил частотали синусоидал ЭЮКларли электр занжирлар бирлигини яратиши мумкин. Электр занжирларнинг бундай бирлиги кўп фазали тизим дейилади.



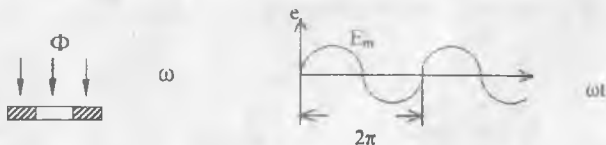
1.21–расм. Бир фазали синусоидал ЭЮК графиги

Кўп фазали тизим тоқларидан бири оқиб ўтадиган электр занжирлар тизимининг қисми фаза дейилади (1.22–расм).



1.22–расм. Икки фазали синусоидал ЭЮК графиги

Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти тизимларида кўп фазали, яъни 2 фазали, 3 фазали, 6 фазали тизимлар кенг қўлланилади. Бу тизимларни кўпроқ тарқалган 3 фазали тизим мисолида кўриб чиқамиз (1.23–расм).



1.23–расм. Доимий магнит майдонига ғалтак жойлаштирилганда бир фазали ЭЮКнинг олиниши

Кўп фазали тизим алоҳида фазалари орасидаги сурилиши бурчаги қуйидагича аниқланади.

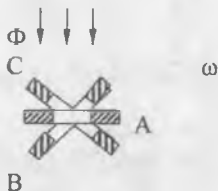
$$\alpha = 2\pi/m, \quad (1.49)$$

бу ерда 2π –таъминот қучланишининг даври (360°), m –тизимдаги фазалар сони. Агар ғалтакни доимий магнит майдонига жойлаштириб уни айлантира бошласа унда $e = E_m \sin \omega t$ ЭЮК индукцияланади, бу ерда ω –бурчакли тезлик.

LOQUV ZALI

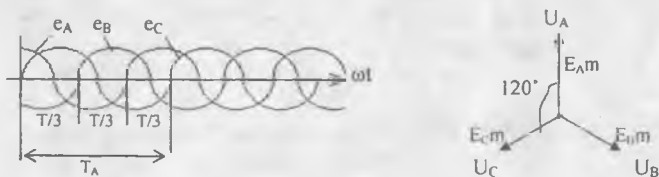
Энди ана шу магнит майдонида ўқлари фазода бир-бирларидан 120° га сурилган 3 та бир хил ғалтакли тизимни жойлаштирамиз (1.24-расм).

Агар ғалтаклардан ташкил топган тизимни ω бурчакли тезлик билан айланишига мажбурланса, уларда уч фазали ЭЮК тизими вужудга келади. Агар А ғалтак алохида олинса, у холда унда бир фазали тизимдагидек $e_A = E_m \sin \omega t$ ЭЮК вужудга келади.



1.27-расм. Доимий магнит майдонида 3 та ғалтак жойлаштирилганда уч фазали ЭЮКни олиниши

В ғалтак А ғалтакдан фазода унга нисбатан 120° га сурилгани билан фаркланади. Демак, унда ҳам А ғалтакдаги ЭЮК индукцияланади, лекин ундаги барча жараёнлар В ғалтак А ғалтакни ўрнини эгаллашга вақтингача кечикади. Ғалтакнинг бир марта тулик айланишига синусоидал ЭЮКнинг битта Т даври мос келгани учун 120° бурилишга $T/3$ вақт мос келади, у холда $e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$ бўлади. А ва С ғалтаклар орасидаги бурчак 240° га тенг, у холда $e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$. Бу ЭЮКлар график жихатдан 1.25-расмда тасвирланган. Кўп фазали тизимнинг алохида чўлғамлари уланишининг бир неча схемалари мавжуд. 3 фазали тизим учун асосий уланиш схемалари юлдуз ва учбурчак уланиш схемалари ҳисобланади.

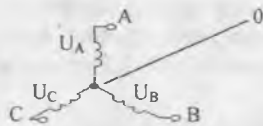


1.25-расм. Уч фазали ЭЮКнинг график оркали тасвирланиши

«У» юлдуз уланишда барча фазалар охирилари бир нуктага, учлари эса юклагамага уланади. Унинг график кўриниши 1.26-расмда кўрсатилган кўринишда бўлади.

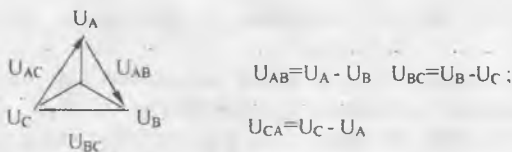
Бу схемада фаза боши ва нолинчи нукта орасидаги кучланиш фазавий кучланиш (U_ϕ), иккита фазалар бошланишлари орасидаги кучланиш эса

чизикли кучланиш ($U_{\text{чиз}}$) дейлади. Улар одатда фақат ўзаро симметрик, яъни $U_A=U_B=U_C=U_{\phi}$; $U_{AB}=U_{BC}=U_{AC}=U_{\text{чиз}}$ бўлади



1.26-расм.3 фазали чўлғамнинг «Y» схемада улиниши

Уч фазали чўлғам «Y» схемада улангандаги кучланишлар вектор диаграммаси 1.27-расмда келтирилган. Бинобарин $U_{\text{чиз}} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi}$ юлдуз схема учун $I_{\text{чиз}} = I_{\phi}$ бўлади.



1.27-расм. Уч фазали чўлғамнинг «Y» схемада улангандаги вектор диаграммалари

Уч фазали чўлғам «Δ» схемада уланганда хар бир фазанинг охири, кейинги фазанинг боши билан уланади. Учбурчакнинг учларига юклама уланади. Уч фазали чўлғамнинг «Δ» схемада улангандаги вектор диаграммалари 1.28-расмда келтирилган.

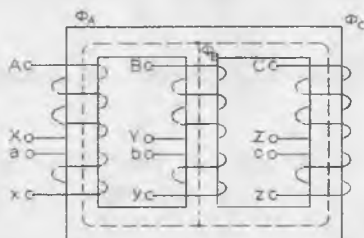


1.28-расм Уч фазали чўлғамнинг «Δ» схемада улангандаги вектор диаграммалари

Бундай улинишда $\dot{U}_A = \dot{U}_B = \dot{U}_C = \dot{U}_{AB} = \dot{U}_{BC} = \dot{U}_{AC}$, яъни $\dot{U}_{\text{чиз}} = \dot{U}_{\phi}$, юклама симметрик бўлганида эса $\dot{I}_{\text{чиз}} = \sqrt{3} \cdot \dot{I}_{\phi}$ бўлади.

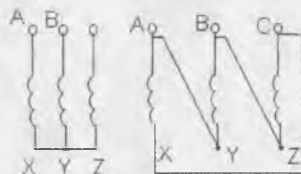
1.5. Уч фазали трансформаторлар

Кўпинча уч фазали ток энергиясини юклагамага узатиш керак бўлади. Бундай узатишни учта бир хил бир фазали трансформатор ёки битта уч фазали трансформатор орқали амалга ошириш мумкин. Одатда уч фазали трансформаторлар стерженли тарзда, яъни ярмис орқали боғланган учта стерженлардан иборат бўлади (1.29 ва 1.30–расмлар).



1.29–расм. Уч фазали трансформатор схемаси

Ҳар бир стерженга бир фазанинг ҳар иккала бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ўралади. Бирламчи чўлғамларни А-Х, В-У, С-З, иккиламчи чўлғамларни эса мос равишда а-х, в-у, с-з белгилаш қабул қилинган. Бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар кўпинча юлдуз ёки учбурчак схемада уланади. Юлдуз схемада уланишда ҳар бир фазанинг бошланиши уч фазали тармоқ манбаига ёки юклагамага, охирилари (х, у, з) эса нолинчи ўтказгич чиқариладиган умумий нуқтага уланади. Учбурчак схемада уланишда биринчи фазанинг охири, иккинчи фазанинг бошланиши билан, иккинчи фазанинг охири учинчи фазанинг бошланиши билан, учинчи фазанинг охири эса биринчи фазанинг боши билан уланади.

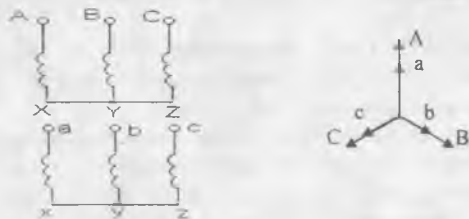


1.30–расм Чўлғамларни юлдуз ва учбурчак схемаларида уланиши чизмаси

Бир фазанинг бошланиши ва иккинчи фазанинг охирининг уланиш нуқтасига уч фазали тармоққа уланади. Уч фазали икки чўлғамли трансформаторлар учун чўлғамларнинг Y/Y-, Y/Δ, Y/Δ, Δ/Y- гуруҳли уланишлари қабул қилинган. Суръатдаги белги бирламчи чўлғамга, маҳраждаги белги эса иккиламчи чўлғамга тегишли бўлади. Агар чўлғам

чиқарилган нолинчи нуктага эга бўлса белгилашларда Y - каби кўрсатилади. Параллел ишлашга уланиш учун трансформаторлар 0 дан 11 гача бўлган гуруҳларга бирлаштирилади, уларни $Y/Y-0$ (12), $Y/\Delta-11$ (3 ёки 7) тарзда белгиланади. Уч фазали трансформаторнинг гуруҳи бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар уланиш схемаларига, уларнинг ўралиш йўналишларига ва учларининг белгиланишига боғлиқ бўлади. Бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар чизикли ЭЮКлари векторлари орасида бирлиги 30° га тенг бўлган бурчак силжиши бор. Бу силжиш ўралиш йўналишига ва чўлғамларнинг уланиш схемасига боғлиқ бўлади. Хар бир стерженга бир фазанинг бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари ўралади. Бирламчи чўлғамларни $A-X$, $B-Y$, $C-Z$, иккиламчи чўлғамларни эса $a-x$, $b-y$, $c-z$ тарзда белгилаш қабул қилинган.

Бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар юлдуз ёки учбурчак схемада уланилади. Юлдуз схемада уланишда хар бир фазанинг бошланиши уч фазали тармоқ манбаига ёки юклага, охирилари (x, y, z) эса нолинчи ўтказгич чиқариладиган умумий нуктага уланади (1.31-расм).

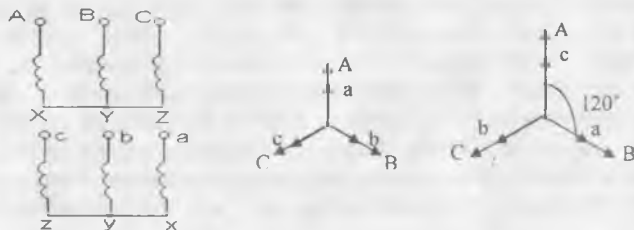


1.31-расм. Y/Y уланишда трансформатор гуруҳини аниқлаш чизмаси

Учбурчак схема уланишда биринчи фазанинг охири, иккинчи фазанинг бошланиши билан, иккинчи фазанинг охири учинчи фазанинг бошланиши билан, учинчи фазанинг охири эса биринчи фазанинг боши билан уланади (1.32-расм).

Бурчак силжишини аниқлаш учун соат милдан фойдаланилади, бунда хар бир сон бошқасига нисбатан 30° га сурилган. Агар трансформатор бўлса бунда бир хил номдаги бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар стерженда жойлашади ва бир хил йўналишда ўралади, бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар кучланишлари векторлари йўналиш бўйича мос тушади, яъни уларнинг сурилиши 0 га ёки 12 га тенг бўлади, у ҳолда $Y/Y-0$ гуруҳни оламиз. Агар иккиламчи чўлғамда фазалар ўрнини алмаштирсак, бир хил номдаги чизикли кучланишлар векторлари орасида ($A-X$, $a-x$) 120° бурчакка сурилиш вужудга келади (соат мили 4 ни кўрсатади), яъни $Y/Y-4$ гуруҳдаги трансформаторни оламиз. Трансформаторнинг 3 фазали чўлғамлари Y/Y схемада уланганида исталган жуфт гуруҳни олиш мумкин. Трансформаторнинг чўлғамлари Y/Δ , Δ/Y схемаларда уланганида эса исталган ток гуруҳларни, яъни 1, 3, ..., 11 гуруҳларни олиш мумкин. $Y/Y-0$,

Y/Δ-11, Y/Δ-11 гурухлар стандарт гурухлар хисобланади, А фаза сарик, В фаза яшил ва С фаза кизил ранга бўялади.

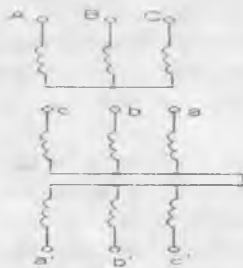


1.32–расм. Иккиламчи чўлғам фазалари алмаштирилганда Y/Y уланишдаги трансформатор гуруҳини аниклаш чизмаси

1.6. Фазалар сонини ўзгартирадиган трансформаторлар

Баъзи бир ҳолларда (МТ схемаларида, кабель магистралларида, тўғрилагичларда ва бошқаларда) уч фазали ўзгарувчан ток тармоғини бошқа сонли фазалар тармокка ўзгартириш керак бўлади.

Уч фазали тармокни олти фазали симметрик-тармокка ўзгартирувчи трансформаторни кўриб чиқамиз (1.33–расм). Бунинг учун оддий уч фазали трансформаторда иккита иккиталик (а, в, с ва а', в', с') урамли, лекин ўралиш йўналишлари карама-қарши бўлган чўлғамлар қилинади.

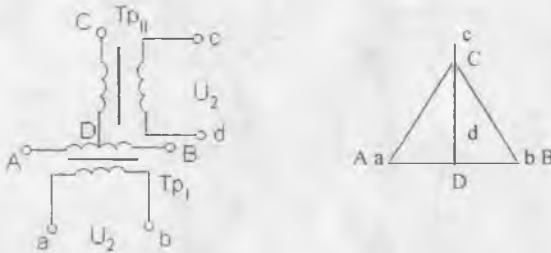


1.33– расм. Уч фазали тармокни олти фазали тармокка айлантирувчи схема

Барча чўлғамлар “Y” схемада уланади. Иккиламчи а, в, с чўлғамларда бирламчи чўлғамлар ЭЮКлари фазасига мос тушадиган, а', в', с' чўлғамларда эса бирламчи чўлғамлар ЭЮКлари фазасига карама-қарши бўлган ЭЮКлар индкцияланади. Агар иккиламчи чўлғамлар нолинчи нукталарини бирлаштирадик иккиламчи занжирда симметрик фазали схема ҳосил бўлади.

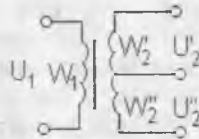
1.7. Скотт схемаси

Уч фазали ток тармоғини икки фазали ток тармоғига ўзгартириш учун иккита T_{p1} ва T_{p11} бир фазали трансформаторлардан фойдаланилади. А, В, С, учлар $U_{\text{чиз}}$ чизикли кучланишли уч фазали тармоққа уланади (1.34–расм). T_{p1} трансформаторнинг бирламчи А-В чўлғами W_1 ўрамлар сонига ва $U_{\text{чиз}}=U_{\text{AB}}$ тўлиқ чизикли кучланиш таъсирида бўлади, шундай қилиб, бу чўлғамнинг хар бир ўрамига $U_{\text{чиз}}/W_1$ кучланиш тўғри келади. T_{p11} трансформаторнинг бирламчи С-Д чўлғами Д учи орқали А-В чўлғам ўрта нуктасига уланган бўлиб $0,707 \cdot W_1$ ўрамлар сонига эга ва $U_{\text{CD}}=U_{\text{чиз}} \cdot \sin 60^\circ = 0,707 \cdot U_2^2$ кучланиш таъсири остида бўлади, у холда бу чўлғамнинг хар бир ўрамига $0,707 \cdot U_{\text{чиз}}/0,707 \cdot W_1 = U_{\text{чиз}}/W_1$, яъни T_{p1} трансформатордаги каби кучланиш тўғри келади.



1.34–расм. Скотт схемаси

Демак, хар иккала трансформаторларнинг иккиламчи чўлғамлари киймати бўйича $U_{\text{AB}}=U_{\text{CD}}=(W_2/W_1) \cdot U_{\text{чиз}}$ га тенг ва фаза бўйича 90° га сурилган. Диаграммадаги ab ва cd кесмалар орқали симметрик икки фазали занжирни ташкил қиладиган иккиламчи чўлғамлар келтирилган кучланишлари U'_{AB} , U'_{CD} кўрсатилган (1.35–расм).



1.35–расм. Бир фазали токни икки фазали токка ўзгартириш схемаси

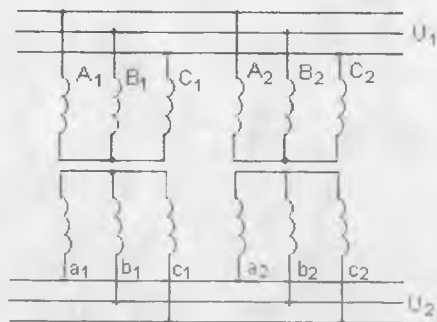
Бир фазали схемани икки фазали схемага 180° га фаза суриш орқали ўзгартириш мумкин. Бунинг учун бир фазали трансформатор иккиламчи чўлғамдан ўрта нукта чиқарилади. Шундай қилиб, ўрамлар сони W_2' , W_2'' ($W_2'=W_2''$) бир хил бўлган иккита ярим чўлғамлар, яъни қарама қарши фазадаги бир хил икки фазали кучланишлар олинади.

1.8. Трансформаторларнинг параллел уланиши

Трансформаторлар параллел уланганида уларнинг бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари умумий шиналарга алохида-алохида уланади (1.36-расм).

Параллел ишлашга исталган сондаги трансформаторлар уланиши мумкин, лекин бунда катор шартлар бажарилиши керак бўлади:

- трансформаторлар бирламчи ва иккиламчи чўлғамлари номинал кучланишлари тенг бўлишилиши;
- трансформаторлар бир гуруҳга тегишли бўлиши;
- қиска туташув кучланишлари, уларнинг актив ва реактив ташкил этувчилари тенг бўлиши.



1.36-расм. Трансформаторларнинг параллел уланиши чизмаси

Биринчи шарт параллел ишлаётган трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентлари тенглигини билдиради, бунда иккиламчи чўлғамларда индукцияланадиган ЭЮКлар тенг ва қарама-қарши йўналида, уларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлиши учун битта шинага трансформатор чўлғамларининг бир хил номлардаги чиқишлари (a_1 билан a_2 ва х. к.) уланиши керак бўлади, у ҳолда трансформаторлар орасида ҳеч қандай ток вужудга келмайди. Агар бу шарт бажарилмаса, яъни $n_1 \neq n_2$ ва $E_{21} \neq E_{22}$ бўлса, трансформаторлар орасида I_T тенгловчи токни вужудга келтирадиган E_2 ташкил этувчи пайдо бўлади. Қиска туташув қаршиликлари кичик бўлганлиги учун I_T жуда катта бўлиши мумкин.

Иккинчи шарт трансформаторлар бирламчи чўлғамлари умумий ток манбаи тармоғига уланишини билдиради. Шунинг учун чўлғамларнинг уланиш гуруҳларидан чизикли ЭЮКлар векторлари фаза бўйича мос тушади. Агар параллел уланадиган трансформаторлар гуруҳлари бир хил бўлса, иккиламчи чўлғамлар чизикли ЭЮКлари векторлари мос тушади ва тенгловчи тоқлар йўқ бўлади. Агар трансформаторлар гуруҳлари бир хил бўлмаса, бу векторлар фаза бўйича мос тушмайди ва уларнинг геометрик

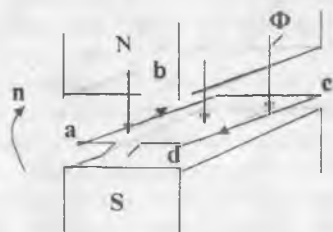
йиғиндиси нолга тенг бўлмайди, натижада катта тенгловчи тоқлар вужудга келади.

Учинчи шарт қиска туташув кучланиши, унинг актив ва реактив ташкил этувчилари параллел ишлашда ҳар бир трансформатор юкламасини аниқлашини билдиради. Агар бу кучланишлар тенг бўлмаса, юклама трансформаторлар орасида нотекис тақсимланади, кичик қиска туташув кучланишли трансформаторда юклама кўпроқ бўлади.

1.9. Электр машиналар

Электр машиналар механик энергияни электр энергиясига ёки электр энергияни механик энергиясига ўзгартиришга мўлжалланган. Механик энергияни электр энергияга ўзгартирадиган машина генератор, электр энергияни механик энергияга ўзгартирадиган машина эса двигателъ дейилади. Ҳар қандай электр машинаси ҳам генератор, ҳам двигателъ режимида ишлаши мумкин. Тоқ тури занжирида ишлашига қараб электр машиналар ўзгарувчан ва ўзгармас тоқ машиналарига бўлинади. Ўзгарувчан тоқ машиналари асинхрон ва синхрон машиналарга бўлинади ва бир фазали ёки уч фазали бўлиши мумкин. Амалда синхрон машиналар генератор, асинхрон машиналар эса двигателъ режимида ишлатилади.

Барча электр машиналарнинг ишлаш принципи электродинамика қонунарига, яъни электромагнит индукция ва электромагнит кучлар қонунарига асосланган. Агар доимий магнит ёки электромагнит майдони (N-S) кўтблари орасига жойлаштирилган рамка n тезлик (соат мили йўналишида) билан айлантирилса (ташки айлантириш манбаи ёрдамида), у ҳолда электромагнит индукция қонунига биноан рамканинг актив a - b ва c - d ўтказгичларида (магнит оқими линияларига перпендикуляр ҳаракатланадиган) йўналиши ўнг қўл қоидаси билан аниқланадиган ЭЮК индукцияланади (1.37-расм).



1.37-расм. Энг оддий электр машинасининг ишлаш принципи

Бу ўтказгичлар магнит оқимга нисбатан қарама-қарши йўналишларда бир вақтда ҳаракатлангани учун ундаги ЭЮК ҳам қарама-қарши йўналишда бўлади. Электромагнит индукция қонунига биноан икки ўтказгичлар ЭЮКлари йиғиндисига тенг бўлган рамканинг ЭЮКи $e = -d\Phi/dt$ шартдан

аникланади, чунки $\Phi = BS$, ва $V = \text{const}$. У холда $e = -Bds/dt$, яъни магнит окимининг йўналишига перпендикуляр бўлган рамка майдони ўзгарса ЭЮК ўзгарувчан синусоидал бўлади. Агар рамканинг учларини ташки юклама оркали туташтирсак, у холда ЭЮК таъсирида берк занжирдан i ток оқиб ўтади. Шундай қилиб рамкани айлантиришга сарф бўлган механик энергия ташки истеъмолчига узатиладиган электр энергиясига айланади.

Агар магнит майдонига (N-S) киритилган ана шу рамкага i ток берилса, у холда i ток ва Φ магнит окимининг ўзаро таъсирлашиши натижасида электромагнит момент $M_{\text{ст}} = i\Phi$ вужудга келади ва рамкани айлантира бошлайди. Демак, электр энергия механик энергияга айланади, яъни машина двигатель режимида ишлайди. Рамканинг магнит майдонда бир марта тўлик айланишида ЭЮК синусоидал равишда бир даврни босиб ўтади. Бу синусоидал ЭЮКнинг частотаси рамканинг бир марта тўлик айланишида кутблар сонига боғлиқ. Электр машиналарда камида иккита кутбли бўлади (улар доимо жуфт сонли бўлади), яъни уларни жуфтлар (жуфт кутблар) деб ҳисобланади ва р-жуфт кутбли деб белгилаш қабул қилинган. Бизнинг холда $p=1$, лекин машиналарда кўп жуфт кутблар бўлиши мумкин, у холда рамка бир марта тўлик айланганда унда синусоидал ЭЮК нинг бир неча даврлари вужудга келади. ЭЮК нинг частотаси $f-p$, лекин рамканинг айланиш тезлиги 1 айл/мин эмас, балки n айл/мин га тенг, у холда машинада индукцияланган ЭЮКнинг частотаси $f = p \cdot n/60$ бўлади. Яъни ҳар қандай электр машинада жуфт кутблар сони, айланиш тезлиги ва индукцияланган ЭЮК частотаси орасида узвий боғланиш мавжуд. Машиналарда бир ўрамли эмас, балки кўп ўрамли ғалтақлар ишлатилади.

Ҳар қандай электр машина кўзгалмас қисм – статор ва айланувчан қисм – ротордан иборат. Ротор статор ичида эркин айланиши учун улар орасида ҳаво тиркиши (миллиметр улушларидан бир неча миллиметрларгача) кўйилади.

Машиналар статори қалинлиги 0,35 ёки 0,5 ммли электротехник пулат пластинкалардан (трансформаторлардаги каби) йиғилади. Пластинкалар машинанинг турига қараб электромагнит чўлғам жойлаштириладиган кутблари яққол кўриниб турадиган (ўзгармас ток машиналарда) ёки ҳалқа ички сирти бўйлаб жойлаштириладиган бир текисдаги ярим ёпик ариқчалари (ўзгарувчан ток машиналарда) тарзда штампланади ва чўяндан ёки пулатдан қуйилган станинанинг ички томонига маҳкамланади. Станинанинг ён томонлари ротор вали ўтказиладиган коплама билан қопланади.

Машиналар ротори ҳам электротехник пулат пластинкалардан йиғилиб, унинг ташки томонига чўлғамлар жойлаштириладиган ариқчалар ўйилади. Роторлар тузилишини турли турдаги машиналарни ўрганиш жараёнида кўриб чиқамиз. Машиналар чўлғамлари мис ёки алюминий симлардан тайёрланади ва машина турига қараб роторга ёки статорга маълум тарзда жойлаштирилади.

1.9.1. Асинхрон машиналар

Барча машиналар каби асинхрон машина ҳам генератор, ҳам двигатель режимларида ишлаши мумкин. Лекин у генератор сифатида катор сезиларли камчиликларга эга ва деярли двигатель сифатида ишлатилади. Асинхрон двигателлар бир фазали, икки фазали ва уч фазали бўлади. Машинанинг статори ярим ёпик арикчалар ўйилган электротехник пўлат пластиналардан йиғилади. Бу арикчаларга чўлғам жойлаштирилади. Дастлаб синхрон двигательни кўриб чиқамиз. Уларда статор чўлғамлари ўзаро 120° га сурилган мос равишда уланган учта чўлғамдан иборат ва уч фазали тизимни ташкил қилади. Станинанинг клеммалар қутбчасига 6 та хар бир фазанинг боши ва учлари чиқарилади, яъни чўлғамларни ҳам юлдуз, ҳам учбурчак шаклида улаш мумкин. Асинхрон машиналарнинг роторлари фаза чўлғами ва қиска туташтирилган бўлиши мумкин.

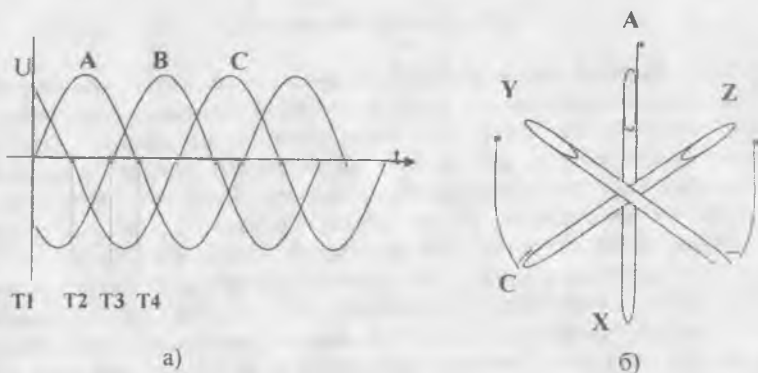
Қиска туташтирилган ротор тўлик ёпик арикчали пўлат мислардан йиғилади, уларга учлари металл ҳалқачаларга маҳкамланган стерженлар жойлаштирилади. Стерженлар кўпинча алюминийдан тайёрланади ва босим остида ротор арикчаларига куйилади. Бундай роторларнинг занжирга чиқишлари бўлмайди. Қиска туташтирилган роторли двигателлар фаза чўлғамли роторли двигателлардан кўра арзон, содда ва ишлатишда ишончли, лекин уларнинг ростилаш тафсифлари ёмон. Фаза чўлғамли роторнинг чўлғамлари статорники каби уч фазали бўлиб, уларнинг охирилари юлдуз схемада уланади, учлари эса ротор валидан ва бир-бирларидан изоляцияланган ҳолда ротор валига маҳкамланган контакт ҳалқачаларига уланади. Станинага кўмир ёки мис чўткалар маҳкамланган бўлиб, вал айланганида улар ҳалқачалар билан сирпанма контакт ҳосил қилади. Чўткалар ёрдамида ротор чўлғамлари кичка туташтирилиши ёки ташқи қаршиликка уланиши мумкин. Фаза чўлғамли роторлар қиска туташтирилган роторлардан кам ва фақат юқори қувватли асинхрон двигателларда ишлатилади.

Асинхрон двигателнинг ишлаш принципи

Статорнинг уч фазали чўлғамини уч фазали ток бериладиган фазода ўзаро 120° га сурилган учта ғалтақлар кўринишида тасаввур қиламиз (1.38-расм).

Ток йўналишини рамканинг бошидан охирига мусбат, рамканинг охиридан бошига эса манфий деб қабул қиламиз. Т1 вақт моментида А-Х рамкада ток йўқ, В-У ва С-З рамкаларда эса ток бор. Бу рамкалар кўрсатиган йўналишдаги магнит оқимини ҳосил қилади (Парма қондасиги биноан).

Шундай қилиб, таъминот қучланишининг ярим даврида статор майдони 180° га бурилади, яъни 360° да тўлик айланиб чиқади. Агар статорнинг уч фазали чўлғамига уч фазали ток берилса, унда $n=60$ айл/мин. тезликда айланадиган f_1/p магнит майдони ҳосил бўлади (1.39-расм), бу ерда f_1 —частота (чунки f_1 ва p —const, у ҳолда n —const).

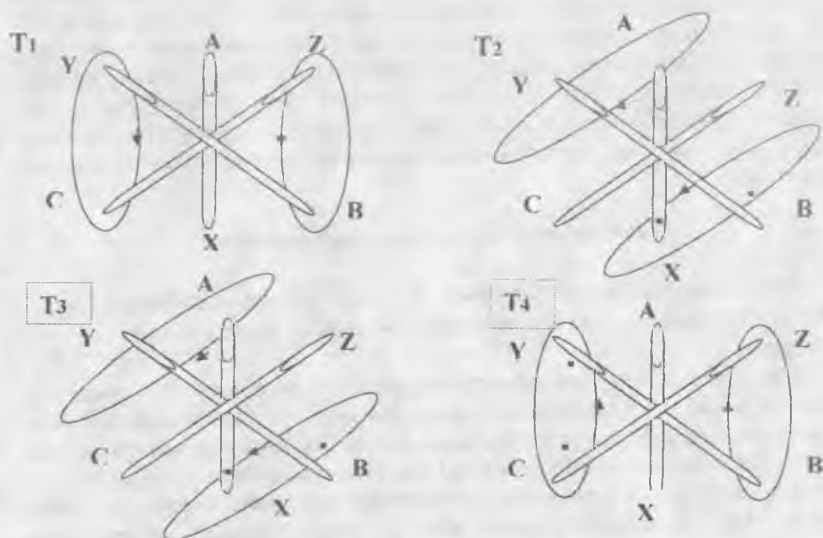


1.38-расм. Фазаларнинг силжиш диаграммаси а) ва А, В, С чўлғамларнинг айланиш схемаси б)

Бу майдон ротор чўлғамларини кесиб ўтиб, унда E_2 ЭЮКни ҳосил қилади:

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot I_{кч} \cdot W_2 \cdot \Phi \quad (1.50)$$

бу ерда K_2 —ротор чўлғамининг жойлаштириш усулига боғлиқ бўлган чўлғам коэффиценти; W_2 —ротор чўлғамининг ўрамлири сони.



1.39 – расм. Вактнинг T1-T4 моментлари учун А, В, С чўлғамларнинг айланиш схемалари

Ротор чўлғамлари киска туташтирилган бўлганлиги учун ундан I_2 ток оқиб ўтади. Бу ток айланувчан магнит майдони билан ўзаро таъсирлашиб роторни айланувчан магнит йўналишида айланишга тортадиган F_ψ кучни ҳосил қилади. Ўз навбатида F_ψ куч роторни айланишига мажбурлайдиган $M_{\text{айл}}$ айлантирувчи моментни ҳосил қилади. Унинг таъсирида ротор n_2 тезликда айлана бошлайди (ротор чўлғамлари қўп бўлганлиги учун двигателнинг айлантирувчи моменти барча чўлғамлар айлантирувчи моментлари йигиндисига тенг бўлади). Двигатель режимида $n_1 > n_2$, яъни ротор майдони статорнинг айланувчан магнит майдонидан орқада қолади. Агар $n_1 = n_2$ бўлса, ротор статор майдонига нисбатан ҳаракатланмайди, демак унинг чўлғамларида ЭЮК ва тоқлар вужудга келмайди, яъни айлантирувчи момент бўлмайди ва роторнинг айланиши тўхтаб қолган. n_1 синхрон тезлик дейилади, асинхрон двигателларда роторнинг тезлиги ундан кичик бўлади. Статорнинг магнит майдони роторга нисбатан $n_s = n_1 - n_2$ айл/минга тезроқ айланади. Асинхрон двигателларда роторнинг статор майдонидан орқада қолишини сирпаниш катталиги $S = n_s / n_1$ билан нисбий бирликларда ёки фоизларда характерлаш қабул қилинган:

$$S, \% = (n_1 - n_2) \cdot 100\% / n_1 \quad (1.51)$$

Агар ротор тўхтаган $S=1$ ёки 100 % бўлса, ва двигатель синхрон тезликка етса $S=0$, яъни двигатель режимида S 0 дан 1 гача ўзгаради.

Агар ташқи айлантириш манбаи орқали ротор статор магнит майдони йўналишига қарама-қарши йўналишда айлантирилса, у ҳолда

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} > 1 \quad (1.52)$$

Бу режим электромагнит тормоз режими дейилади.

Агар роторни статор магнит майдони йўналишида $n_2 > n_1$ тезликка билан айлантирилса,

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} < 0 \quad (1.53)$$

Бу режим генератор режими дейилади, лекин асинхрон двигатель одатда бу режимда ишламайди.

Двигателнинг иш жараёнида чўлғамларидаги ЭЮК ва ток частотаси қуйидагига тенг бўлади:

$$f_2 = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} \cdot \frac{n_1}{n_2} = \frac{Pn_1}{60} \cdot S = f_1 S \quad (1.54)$$

ЭЮК эса куйидагига тенг булади:

$$E = 4,44 \cdot f_2 \cdot W_2 \cdot K_r \cdot \Phi = 4,44 \cdot f_1 \cdot S \cdot W_2 \cdot K_r \cdot \Phi = E_2 \cdot S \quad (1.55)$$

Ротор чўлгамининг Z_2 қаршилиги актив ва индуктив ташкил этувчиларга эга. Индуктив ташкил этувчи частотага боғлиқ, у холда ротор чўлгамининг қаршилиги куйидагига тенг булади:

$$Z_2 = \sqrt{r^2 + (x^2 \cdot S)} \quad (1.56)$$

У холда асинхрон двигатель иш жараёнидаги ротор занжиридаги ток куйидагига тенг булади:

$$I_{2S} = E_2 \cdot S / \sqrt{r^2 + x^2 \cdot S} \quad (1.57)$$

Двигателнинг айлантурувчи моменти магнит оқимиға, ротор токиға боғлиқ ва куйидагича аниқланади:

$$M_{\text{Айл}} = C \cdot \Phi_m \cdot I_{2S} \cdot \cos \Psi_{2S} \quad (1.58)$$

бу ерда, Ψ_{2S} —ротордаги I_{2S} ток ва E_{2S} ЭЮК орасидаги бурчак, ротор чўлғамларининг қаршилиги S катталиққа боғлиқ бўлганлиги учун Ψ_{2S} ҳам S катталиққа боғлиқ булади; Φ_m —статорнинг магнит оқими; C —фазалар сонини, жуфт кутблар сонини, чўлғам ўрамлари ва унинг конструктив тузилишини ҳисобга оладиган конструктив коэффицент.

Шундай қилиб, $M_{\text{айл}}$ айлантурувчи момент S сирпанишға боғлиқ бўлган мураккаб функциядир. Асинхрон двигатель учун $M_{\text{айл}}=f(S)$ боғлиқликни билиш муҳимдир (1.43—расм).



1.40—расм. Айлантурувчи моментнинг сирпанишға боғлиқлиги чизмаси

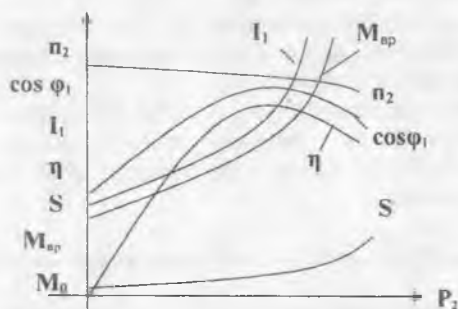
Асинхрон двигатель $M_{\text{айл}}$ айлантурувчи момент юкларнинг M_r тормозловчи моментига тенг бўлганида ўзгармас тезликда барқарор ишлайди.

Юклама қанчалик катта бўлса, n_2 шунчалик кичик ва $M_{айл}$ шунчалик катта бўлади. Асинхрон двигателнинг барқарор иш соҳаси $0...S_{max}$ оралик ҳисобланади. Номинал юкламада $S=0,03...0,05$, яъни 3-5%, юклама ортиши билан S ортади, салт ишлашда эса нолга яқин бўлади. $S_{max}...1$ оралик двигателнинг барқарор иш соҳаси, яъни $M_{айл}$ моментнинг жуда кичик камайишида сирпаниш кескин ортади ва двигатель тўхтайтиди.

Асинхрон двигателнинг иш тафсифлари

Асинхрон двигателнинг иш тафсифлари роторнинг айланишлар сони n_2 ни, айлантирувчи моменти $M_{айл}$ ни, истеъмол токи I_1 ни, қувват коэффициенти $\cos \varphi_1$ ни ва фойдали иш коэффициенти η ни машина валидаги фойдали қувват P_2 га боғлиқлигидан иборат (1.41-расм). $n_2=f(P_2)$ боғлиқлик куйидагича характерланади: салт ишлашда ($P_2=0$) $n_2 \sim n_1$, юклама тўлиқ ортса, n_2 нинг киймати 2...6% га камаяди.

Шунинг учун $M_{айл}$ айлантирувчи момент двигатель юкламасига деярли пропорционал бўлади. Лекин, n_2 тўлиқ катта юкламаларда камайганлиги сабабли, $M_{айл}$ эгри чизикли бир оз юқорига кўтарилади. n_2 кам ўзгарганлиги учун S сирпаниш ҳам 2...6% га ортади. I_1 ток салт ишлашда катта реактив ташкил этувчига (оқимни ҳосил қилиш учун) ва жуда кичик актив ташкил этувчига эга бўлади. Юкламанинг ортиши билан актив ташкил этувчи ортади, реактив ташкил этувчи эса деярли ўзгармайди. Шунинг учун кичик юкламаларда актив ташкил этувчи кучсиз ортади, I_1 ток кам ўзгаради, катта юкламаларда эса I_1 ва I_2 тоқлар актив ташкил этувчилари кескин ортади ва I_1 токнинг ўзгариши катта бўлади.



1.41-расм. Асинхрон двигателнинг иш тафсифлари чизмаси
(M_0 – механик йўқотишлар моменти)

$\cos \varphi_1$ қувват коэффициенти I_1 кучланиш ва I_1 ток орасидаги бурчакни характерлайди. Салт ишлашда I_1 токнинг реактив ташкил этувчиси катта бўлади, шунинг учун φ_1 бурчак катта, $\cos \varphi_1$ га эса кичик (0,2 атрофида) бўлади. Юкламанинг ортиши билан токнинг актив ташкил этувчиси ортади

ва φ , бурчак камаяди, яъни $\cos \varphi_1$ ортади, номинал юкламада у каттарок кийматларга (0,75–0,85) эришади.

Жуда катта юкламаларда эса Φ оқимни орттиришга тўғри келади, шунинг учун яна I_1 токнинг реактив ташкил этувчиси ортади, яъни φ_1 бир канча ортади, $\cos \varphi_1$ эса бир оз камаяди. Трансформатордаги каби ФИК ўзгаради, яъни салт ишлашда $\eta=0$, юклама ортганда эса ўзининг кандайдир максимал кийматигача (ўзгармас ва ўзгармас исрофларда тенг бўлганда) ортади, кейин эса камая бошлайди.

1.9.2. Синхрон машиналар

Синхрон машиналар ҳам двигатель, ҳам генератор режимларида ишлаши мумкин. Бу машиналарнинг афзалликлари шундаки уларда барча жараёнлар синхрон ($n_1=n_2$) тезликларда бўлиб ўтади, яъни роторнинг айланишлар сони статор магнит майдони айланишлар сонига тенг, яъни двигатель учун $n_1=n_2=60 \cdot f/p$ боғлиқлик бажарилади (f —таъминот тармоғи частотаси), ташқи айлантириш манбаи орқали айлантириладиган генератор учун чиқиш катталиги эса ишлаб чиқариладиган ЭЮКнинг $f=p \cdot n/60$ (n —роторнинг айланиш тезлиги) частотаси хизмат қилади..

Шундан келиб чиқиб, бундай машиналар синхрон машиналар дейилади. Ҳозирги вақтдаги деярли барча энергия синхрон генераторлардан олинади. Синхрон генераторни айлантирувчи бирламчи двигателнинг турига қараб бир неча турларга бўлинади:

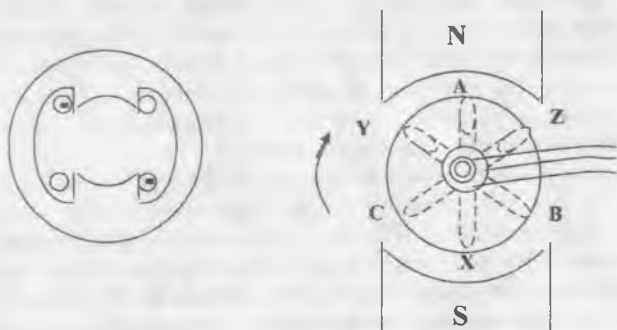
– гидроэлектростанцияларда; бу ерда бирламчи двигатель гидротурбина ҳисобланади, кутблари кўп сонли яққол кўринадиган, кичик тезликли гидрогенераторлар ишлатилади;

– иссиқлик электр станцияларида; бу ерда бирламчи двигатель буғ турбинаси ҳисобланади, кутблари кам сонли ва яққол кўринмайдиган катта тезликли гидрогенераторлар ишлатилади;

– кичик электр станцияларида; масалан алоқа корхоналарининг ўз электр станцияларида; бу ерда бирламчи двигатель дизель ҳисобланади, кутблари кўп сонли ва яққол кўринадиган, катта ва кичик тезликли дизель генераторлари ишлатилади;

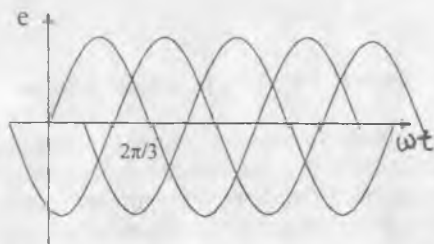
Уч фазали синхрон генераторларнинг тузилиши ва ишлаш принципи

Синхрон генератор барча электр машиналар каби статор ва ротордан иборат. Синхрон генераторларнинг бир неча турлари мавжуд. Улардан биринчисида яққол кўринадиган кутблари статорда, уч фазали чўлғамлари эса ротор ариқчаларига жойлаштирилади. У ҳолда статор электротехник пўлат пластиналардан йиғилади, кутбларга эса кўзгатиш чўлғами ўралади, у ўзгармас токдан таъминланади ва машинада доимий магнит оқимини ҳосил қилади (1.42–расм).



1.42–расм. Синхрон генераторнинг ишлаш принципи

Ротор фаза роторли асинхрон машиналардаги каби ясалди, яъни унда арикчалар ўйилади ва унга ўзаро 120° га сурилган ва кўпинча юлдуз схемада уланадиган учта ғалтакдан иборат уч фазали чўлғам жойлаштирилади. Чўлғамлар охирлари умумий нуктага, бошлари эса ротор валига маҳкамланган ва бир-бирларидан изоляцияланган учта халкачаларга уланади. Ҳар бир халкача статорга маҳкамланган кўзгалмас чўтка билан сирпанма контакт ҳосил қилади. Бу чўткалар орқали ротор чўлғамларидан юклагама ЭЮК узатилади (1.43–расм).



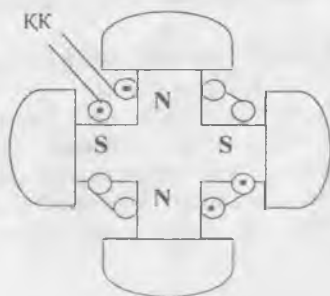
1.43–расм. Синхрон генераторнинг кучланиш диаграммалари

Электр машиналарда ЭЮК индукцияланадиган қисм якорь дейилади. Бу ҳолда якорь ротор ҳисобланади.

Генераторнинг ишлаш принципи куйидагича. Доимий магнит (ёки кўзғатиш чўлғами ҳосил қиладиган электромагнит) кутблари орасига уч фазали ғалтаклар тизими жойлаштирилади ва ташқи айлантириш манбаи ёрдамида айлантирилади. Ғалтаклар доимий магнит майдонида ҳаракатланганида уларда фазаси $2\pi/3$ га, яъни даврнинг $1/3$ қисмига сурилган ЭЮК вужудга келади. Бу ЭЮК нинг частотаси $f=p-n/60$, бу ерда $n=\text{const}$ бўлганида, частота ҳам $f=\text{const}$ бўлади. Саноат частотасини $f=50$ Гц олиш учун $n=3000$ айл/мин. тезликни ушлаб туриш керак бўлади.

Агар машинани $p=1$ жуфт кутбли қилиб ясалса, $n=3000$ айл/мин. тезликни, агар машинани $p>1$ жуфт кутбли қилиб ясалса, $n<3000$ айл/мин. тезликни таъминлаши керак бўлади. Бундай тузилишдаги машинани фақат кичик кувватларда (15 кВт гача) ва кичик кучланишларда (380/220 В) ишлаб чиқариш мумкин, чунки юқори кучланишларни ва тоқларни ҳаракатланадиган контактлардан олиш кийин.

Қўзғалмас доимий магнит майдонида уч фазали чўлғамни айлантририш ёки бу майдонни қўзғалмас уч фазали чўлғамга нисбатан айлантририш принципал фарк қилмайди. Шунинг учун синхрон машинанинг иккинчи тузилиши мавжуд бўлиб, бунда уч фазали якорь чўлғами статор арикчаларига жойлаштирилади, яъни статор асинхрон машинадаги каби бўлади, ротор эса кутблари яккол кўринадиган бўлади ва унинг кутбларига ташки ўзгармас ток манбаидан таъминланадиган қўзғатиш чўлғами ўралади (1.44–расм).



1.44–расм. Синхрон генератор роторининг чизмаси

Роторнинг валига чўткалар орқали ташки таъминот манбаларидан ўзгармас ток бериладиган иккита изоляцияланган халқалар маҳкамланади. Ротор айланади ва мос равишда статорнинг магнит майдони ҳаракатланади. Магнит майдони уч фазали чўлғамларга нисбатан n тезликда айланади ва $f=p \cdot n/60$ частотали ЭЮК индукцияланади. Энди эса юқори кучланишлар ва тоқлар қўзғалмас чўлғамлардан олинади. Одатда бундай роторлар $p>3$ жуфт кутбли қилиб ясалади, машинанинг тезлигини унча катта бўлмаган ($n=1000$ айл/мин.) тезликли қилиш мумкин. Агар юқори тезликни таъминлаш керак бўлса (яъни $p<3$ жуфт кутблар сонини), у ҳолда роторнинг механик пухталигини ошириш учун ротор кутблари яккол кўринмайдиган тарзда ишлаб чиқарилади. У цилиндр шаклида бўлиб, сиртига арикчалар ўйилади. Бу арикчаларга ўзгармас токни ўтказадиган ва айланувчан доимий магнит майдони ҳосил қиладиган қўзғатиш чўлғами жойлаштирилади. Одатда кутблари яккол кўринмайдиган роторлар $p=1$ жуфт кутбли, яъни юқори тезликли тарзда ишлаб чиқарилади. Ҳар қандай тузилишдаги синхрон машиналарнинг ишлаш принциплари бир хил.

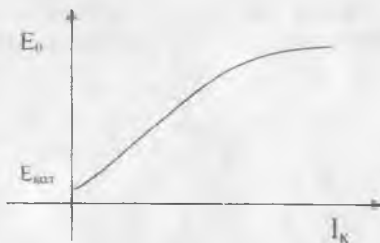
Синхрон генераторнинг иш тафсифлари

Синхрон генераторларнинг асосий тафсифлари куйидагилар хисобланади:

- 1) салт ишлаш тафсифи $E=f(I_k)$, $I_{ю}=\text{const}$ бўлганида;
- 2) юклама тафсифи $U=f(I_k)$, $I_{ю}=\text{const}$ бўлганида;
- 3) ташки тафсиф $U=f(I_{ю})$, $I_k=\text{const}$ бўлганида;
- 4) ростлаш тафсифи $I_k=f(I_{ю})$, $U_{ю}=\text{const}$ бўлганида.

Барча тафсифлар $p=\text{const}$ бўлганида олинади. Агар синхрон генератор салт ишлаётган бўлса, яъни юклама уланмаган бўлса, у ҳолда кўзғатиш чўлғами Φ_k магнит окимини вужудга келтирадиган $F_k=I_k \cdot W_k$ (W_k —кўзғатиш чўлғами ўрамлари сони) магнитловчи кучни ҳосил қилади. Ротор айланганида бу оким статорнинг уч фазали чўлғамларини кесиб ўтади ва уларда магнит окимидан $\pi/2$ бурчакка орқада қоладиган ЭЮКни индукциялайди. Бу ЭЮКнинг таъсир этувчи қиймати трансформатордаги каби $E_0=4,44 \cdot f \cdot k_f \cdot W \cdot \Phi_m$ бўлади (W —биринчи фаза ўрамлари сони, k_f —уч фазали чўлғамнинг чўлғам коэффициенти). E_0 ЭЮК Φ_m магнит окимга тўғри пропорционал бўлганлиги учун кўзғатиш токига ҳам боғлиқ бўлади.

Салт ишлаш тафсифи машина магнит занжирининг магнитланиш эгри чизиги шаклини такрорлайди. У 0 дан эмас, машинадаги қолдиқ магнит окими туфайли $E_0=E_{\text{хол}}$ қийматдан бошланади (1.45-расм). $E_0=f(I_k)$ тафсиф эгри чизикли характерга эга бўлади.



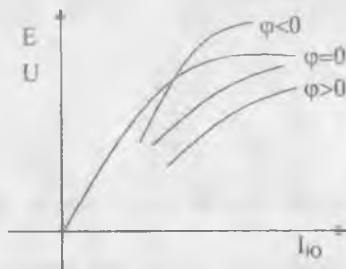
1.45—расм. Синхрон генераторнинг салт ишлаш тафсифи

Бошка тафсифларни аниқлаш учун якор реакцияси нима эканлигини тушуниб олиш зарур. Генераторга юклама уланганида якорь чўлғамидан ток оқиб ўтади. Агар юклама симметрик бўлса, у ҳолда фазалардаги ток ўзаро даврнинг $1/3$ қисмига сурилган бўлади. Бу тоқлар $p=60 \cdot f/p$ тезликда айланувчан ўзгарувчан магнит майдони ҳосил қилади (яъни ротор айланаётган тезликдаги). Шундай қилиб, доимий ва ўзгарувчан майдонлар бир хил синхрон тезликларда айланади, яъни улар катъий боғланган бўлади. Бунда айланаётган якорь майдони магнит куч чизикларининг катта қисми машинанинг магнит занжири бўйича, яъни $\Phi_{я}$ якорь окимини вужудга келтирган ҳолда статор ва ротор бўйича туташади. Майдоннинг магнит куч чизиклари кам бўлган қисми эса $\Phi_{св}$ тарқалиш окимини вужудга келтирган

ҳолда якорь чўлғамлари атрофида туташади. Бу окимнинг мавжудлиги якорь чўлғамининг индуктив қаршилиги орқали асосланади. Якорнинг Φ_a окими машинанинг магнит занжири бўйича тутшиб, кутблар магнит окимга таъсир қилади ва унинг катталигини ҳамда бушлиқда тарқалишни ўзгартиради. Якорь майдонининг кутблар майдонига бундай таъсири якорь реакцияси дейилади. Якорь реакцияси туфайли юклама улангандаги магнит окими салт ишлашдаги магнит окимга тенг бўлмайди, бу эса ЭЮКка ва якорь қисқичларидаги кучланишга таъсир қилади. Якорь майдонининг кутблар майдонига таъсири генератор юкламаси характериға боғлиқ, чунки Φ , якорь реакцияси магнит окими йўналиши юклама характериға боғлиқ равишда ўзгаради. Бу ҳолда машинанинг йиғинди ишчи окими Φ_k (кутблар) ва Φ_1 (якорь реакцияси) окимлар вектор йиғиндисига тенг бўлади, яъни $\Phi_p = \Phi_k = \Phi_a$.

Актив юкламада E_0 ЭЮК ва якорь чўлғамдаги I_a ток орасидаги бурчак 0 га тенг, Φ_k ва Φ_a окимлар векторлари эса ўзаро 90° бурчак остида жойлашади, яъни машинанинг Φ_p йиғинди ишчи окими салт ишлашдаги окимдан кичик бўлади. Индуктив юкламада I_a ток E_0 ЭЮКдан 90° га орқада қолади, Φ_k ва Φ_a окимлар йўналишлари эса қарама-қарши бўлади, яъни улар орасидаги бурчак 180° га тенг бўлади, ишчи оким актив юкламадагига нисбатан янада камроқ бўлади. Сиғим юкламада I_a ток E_0 ЭЮК ни 90° га орқада қолдиради, Φ_k ва Φ_a окимлар эса бир томонга йўналади, яъни ишчи оким бу окимларнинг алгебраик йиғиндисига тенг бўлади ва актив юкламадагига нисбатан катта бўлади.

Генераторнинг юклама тафсифи $U=f(I_a)$ боғлиқлик бўлиб, юклама токи I_a ва қувват коэффициентини $\cos \varphi$ ўзгармас бўлганда олинади (1.46–расм).

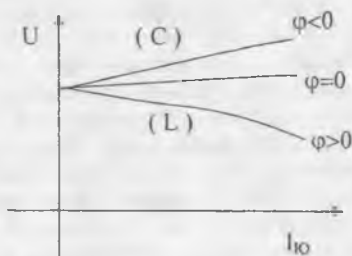


1.46–расм. Синхрон генераторнинг юклама тафсифи

Генератор юкламада ишлагандаги унинг чиқишларидаги кучланиш юклама токига боғлиқ бўлади. Бу тафсифларни турли юклама турларида кўриб чиқамиз. Актив юкламада $\varphi=0$, кучланиш эса салт ишлашдаги ЭЮКдан кичик бўлади, чунки ишчи оким салт ишлашдаги ишчи окимдан якорнинг кўндаланг реакцияси ҳисобига кичик бўлади, яъни бу тафсиф салт ишлаш тафсифидан пастроқдан ўтади. Индуктив юкламада $\varphi>0$, ишчи оким янада камроқ бўлади, яъни тафсиф ҳам окимнинг камайиши, ҳам якорь

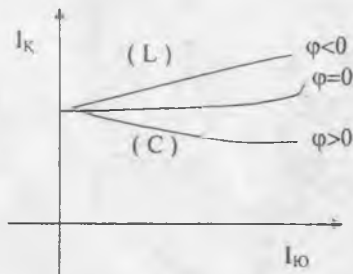
чўлғамидаги кучланишнинг пасайиши ҳисобига янада пастроқдан ўтади. Сигим юкламада $\varphi < 0$, ишчи оқим ортади, яъни кучланиш ортади ва якорь чўлғамларида кучланиш пасайишига қарамаздан тафсиф салт ишлаш тафсифидан юкорирокдан ўтиши мумкин.

Генераторнинг ташки тафсифи $U=f(I_{\text{ю}})$ ($I_{\text{к}}=\text{const}$ ва $\cos\varphi=\text{const}$ бўлганида) олинади (1.47–расм). У ҳам юклама характериға боғлиқ бўлади. Якорь реакцияси оқимини якорь чўлғамидан оқиб ўтадиган юклама токи келтириб чиқаради ва шунинг учун бу ток қанча катта бўлса у шунча катта бўлади ва ишчи оқимға, яъни кучланиш қийматиға шунча катта таъсир қилади. Актив юкламада $\varphi=0$, у машинанинг ишчи оқимини камайтиради, яъни юклама токининг ортиши билан чўлғамдаги кучланишнинг тушиши ва Φ_p магнит оқимининг камайиши ҳисобига чиқиш кучланиши камаяди. Индуктив юкламада $\varphi>0$, Φ_p магнит оқими янада камай боради, шунинг учун чиқиш кучланиши ҳам актив юкламадагидан кўпроқ камаяди. Сигим юкламада $\varphi<0$, Φ_p магнит оқими ортиб боради, шунинг учун, яъни юклама токининг ортиши билан чиқиш кучланиши ортади, яъни тафсиф актив юкламадагидан юкорирокда жойлашади.



1.47–расм. Синхрон генераторнинг ташки тафсифи

Генераторнинг ростлаш тафсифи $I_{\text{к}}=f(I_{\text{ю}})$, $U=\text{const}$ ва $\cos\varphi=\text{const}$ бўлганида олинади (1.48–расм).



1.48–расм. Синхрон генераторнинг ростлаш тафсифи

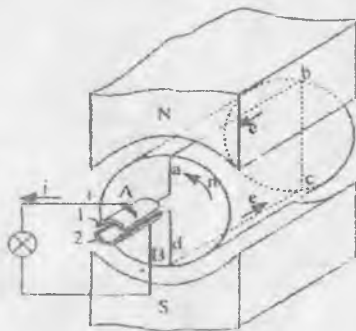
Генератор чикишидаги кучланиш ҳам ўзгаришсиз бўлиши учун ишчи оқим ҳам ўзгармаслиги керак. Φ_p оқим Φ_m ва Φ_a оқимлар йиғиндисидан иборат. Φ_m оқим юкламага боғлиқ, у холда юклама ва Φ_a оқим ўзгарганида Φ_p оқимни ўзгаришсиз сақлаш учун Φ_m оқимни ўзгартириш, яъни кўзгатиш токини ўзгартириш керак бўлади. Бу тафсифлар ҳам юклама характериға боғлиқ бўлади. Актив юкламада ($\varphi=0$) Φ_a оқим Φ_p оқимни камайтиради, шунинг учун $\Phi_p=\text{const}$ бўлиши учун Φ_m оқимни, яъни яъни кўзгатиш токини орттириш керак бўлади. Бунда ростлаш тафсифи юкоридан ўтади.

Индуктив юкламада ($\varphi>0$) Φ_a оқим Φ_p оқимни янада камайтиради, шунинг учун $\Phi_p=\text{const}$ бўлиши учун Φ_m оқимни янада орттириш керак бўлади, яъни ростлаш тафсифи янада юкоридан ўтади. Сигим юкламада ($\varphi<0$) Φ_a оқим Φ_p оқимни орттиради, шунинг учун $\Phi_p=\text{const}$ бўлиши учун Φ_m оқимни, яъни машинанинг кўзгатиш токини камайтириш керак бўлади, демак ростлаш тафсифи актив юкламадагидан пастдан ўтади, яъни I_o токнинг ортиши билан кўзгатиш токини камайтириш керак бўлади.

1.9.3. Ўзгармас ток машиналари

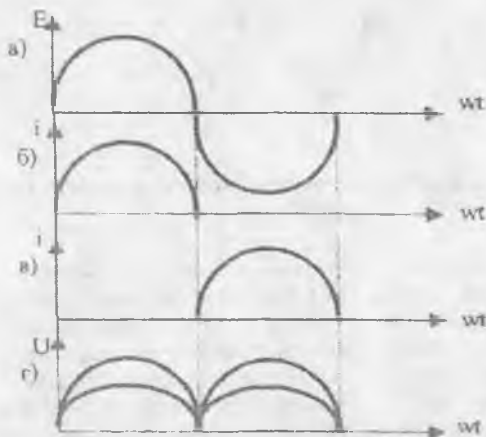
Ўзгармас ток машиналари алоқа корхоналарининг электр таъминоти қурилмаларида заряд ва буфер энергия манбалари, ўзгармас кучланиш электромагнит ўзгартиргичлари (радиоумформерлар) сифатида узлуксиз таъминот қурилмаларида кенг қўлланилади.

Энг оддий ўзгармас ток генератори доимий магнит ва унинг кутблари оралариға жойлаштирилган рамкадан иборат. Рамканинг боши ва охирининг учлари иккита 1 ва 2 ярим сегментларға бириктирилган (1.49–расм). Ярим халқалар билан сирпанувчан электр контактта эға бўлган кўзгалмас А ва В чўткаларға генераторнинг юкласи уланади. Рамка магнит майдон кутбларида орасида зйланганида унинг актив ўтказгичларида электромагнит индукция конуниға мувофик ўзгарувчан ЭЮК вужудға келади.



1.49–расм. Энг оддий ўзгармас ток генератори чизмаси

Агар рамка текислиги айланишдан олдин горизонтал ҳолатда бўлса, у ҳолда ундаги ЭЮК ноль қийматдан ўзгара бошлайди (1.50-расм). Бу ЭЮК биринчи ярим айланишда (рамканинг ав томони шимолий қутб таъсири остида бўлиш вақти) максимал қийматгача ортади ва ўз йўналишини ўзгартирмаган ҳолда нольгача камаяди. Бинобарин, рамка занжири берк бўлганлиги учун бу ЭЮК таъсирида юкламадан ток оқиб ўтади.

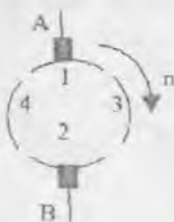


1.50-расм. Энг оддий ўзгармас ток генераторининг вақт диаграммалари

Иккинчи ярим айланишда рамканинг ав томони жанубий қутб таъсири остига, cd томони эса шимолий қутб таъсири остига қиради. Бу йўналиш натижасида улардаги ЭЮК тескарсига ўзгаради. Лекин бу билан бирга ав томонга бириктирилган 1 ярим халқа А чўтка остидан чиқиб В чўтка остига қиради, cd томонга бириктирилган 2 ярим халқа эса В чўтка остидан чиқиб А чўтка остига қиради. Шундай қилиб А ва В чўткалар вақтнинг исталган momentiда мос равишда мос қутбда ЭЮК индукцияланган ўтказгич билан боғланади. Бунинг натижасида юкламада ток бир йўналишда оқиб ўтади ва иккинчи ярим даврда биринчи ярим айланишдаги ўзгариш такрорланади. Рамканинг бир марта тўлиқ айланишида токнинг ўзгариш қонуни 1.50-расмда кўрсатилган тартибда бўлади. Рамканинг кейинги айланишларида жараён такрорланади ва юклама орқали бир йўналишдаги пульсланувчи ток оқиб ўтади. Чўткалардаги қучланиш ток шаклини такрорлайди.

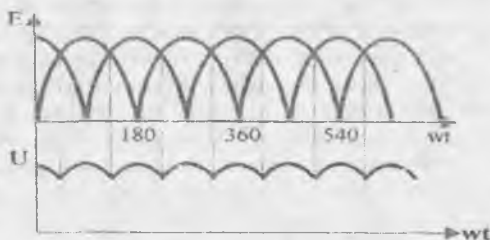
Генератор қисқичларидаги тўғриланган қучланиш айланувчан ярим халқалар ва қўзғалмас чўткалар ёрдамида олинади. Бирок, 1.50г-расмдан кўринадики, юкламадаги ток ва қучланиш тўғриланган ҳисоблансада катталиги жиҳатидан ўзгармас эмас.

Тўғриланган токнинг ўзгармас бўлишига биринчи яқинлашишда магнит кутблари ораларига биринчисига нисбатан 90° бурчак остида жойлаштирилган иккинчи ўхшаш рамка киритилади. Ҳар бир рамканинг боши ва учлари тўрт ярим ҳалқаларнинг бирига мустахкам бириктирилади (1.51-расм).



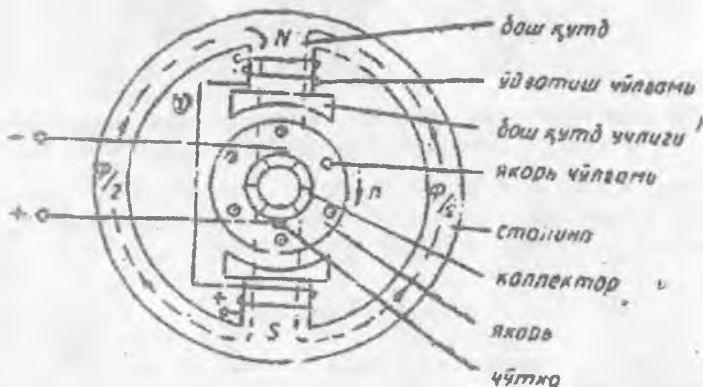
1.51-расм. Энг оддий ўзгармас ток генераторида рамкалар сониининг оширилиши

Тўғриланган токнинг ўзгармас бўлишига биринчи яқинлашишда магнит кутблари ораларига биринчисига нисбатан 90° бурчак остида жойлаштирилган иккинчи ўхшаш рамка киритилади. Ҳар бир рамканинг боши ва учлари контакт ярим ҳалқаларнинг бирига мустахкам бириктирилади. А ва В чўткалар дастлабки ҳолатида қолади. Бир-биридан 90° га сурилган рамкалар айланганда уларда синусоидал ЭЮК вужудга келади. Ҳар бир рамканинг бир марта айланишида 1-2 ва 3-4 ярим ҳалқалар жуфтлиги чўткалар билан икки марта ишқаланади. Бунинг натижасида юкламадаги кучланиш рамкалардаги ЭЮКлардан ташкил топади (1.52-расм). Рамкалардаги ЭЮК тўғриланадиган 1, 2, 3 ва 4 ярим ҳалқалар коллектор дейилади. 1.52-расмдан кўринадики, олинган ток ва кучланиш катталиги жиҳатидан сезиларли кичик тебранишга эга. Агар мана шу принцип буйича кутблар оралигидаги рамкалар сони кўпайтирилса, чўткалардаги кучланиш ва юкламадаги токни деярли ўзгармас олиш мумкин.



1.52-расм. Энг оддий ўзгармас ток генераторида рамкалар сони оширилгандаги кучланиш ва ток диаграммалари

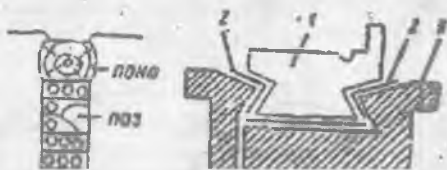
Энг оддий ўзгармас ток генератори катор мавжуд камчиликларга эга, ундаги магнит оками кучсиз, ўтказгичнинг актив узунлиги кичик, бунинг натижасида генератор қисқичларидаги кучланиш катталиги жихатдан ва шаклан пульсацияси талаб қилинган даражада бўлмайди. Замонавий генераторлар конструкцияси бу камчиликларни тўғрилаш имконини беради (1.53–расм).



1.53–расм. Замонавий ўзгармас ток генераторининг тузилиши чизмаси

Замонавий генератор, кўзгалмас қисм-статина ва айланувчан қисм якордан иборат. Статина йирик машиналар учун пўлатдан, кичик машиналар учун чўяндан ясалади ва унга қутбларнинг ўзақлари ўрнатилади. Бош қутб статинанинг ички сиртига ўрнатиш бўлиб, унга кўзғатиш чўлғамлари ўралган. Бош қутб машинанинг асосий магнит майдонини ҳосил қилади. Магнит майдонини текис тарқалиши учун бош қутбга учлик ўрнатишган. Якорь цилиндрсимон ўзак бўлиб, ўкка ўрнатилади. Якорь қалинлиги 0,35 ёки 0,5 ммли электротехник пўлат пластиналар тўпламидан тайёрланади. Уюрма тоқларга бўладиган қувват исрофини камайтириш мақсадида пластиналар бир-бирларидан изоляция қилинади. Айланувчи якорнинг чўлғамларида ўзгарувчан ЭЮК ҳосил қилиниб, коллектор ва чўткалар ёрдамида генератордан ўзгармас ток олинади. Якорь чўлғами изоляцияланган мис симдан иборат бўлиб, у алоҳида-алоҳида секция қилиниб ясалгандан сўнг якорнинг ўзагидаги ариқчаларга жойлаштирилади. Чўлғам якорнинг ўзагидан яхшилаб изоляция қилинади ва махсус ёғоч поналар ёрдамида ариқчаларга маҳкамланади (1.54–расм). Чўлғамнинг учлари коллектор пластиналарига бириктирилади. Коллектор цилиндр шаклида бўлиб, мисдан ясалган алоҳида-алоҳида пластиналардан иборатдир. Корпусдаги туткича

Ўрнатилган чўткалар ёрдамида коллектордан ток олинади. Чўткалар кўмир, графит, мис ёки бронзадан ясалади.



1.54–расм. Замонавий ўзгармас ток генераторида чўлғамларининг жойлаштирилиши ва унинг коллекторининг тузилиши

Агар якорь чўлғами, чўткалар ва коллекторлар контактлари қаршиликларидан иборат бўлган машинанинг ички қаршилигини r_a орқали белгиласак, у ҳолда якордаги ток куйидагича аниқланади:

$$I_{\text{ю}} = E + (r_a/R_{\text{ю}}) \quad (1.60)$$

$I_{\text{ю}} R_{\text{ю}} = U$, (U –юкланган генератор қисқичларидаги қучланиш) эканлигини ҳисобга олсак, генератор ЭЮКлари мувозанат тенгламасини оламыз:

$$U = E - I_{\text{ю}} r_a \quad (1.61)$$

Ўзгармас ток генераторларининг хусусиятлари уларнинг кўзғатиш схемасига қараб, яъни ток бош кутбнинг кўзғатиш чўлғамларига қандай берилишига қараб турлича бўлади.

Ўзгармас ток генераторлари магнит майдони кўзғатиш усулига қараб мустақил кўзғатишли ва ўз-ўзидан кўзғатишли бўлади.

Мустақил кўзғатишли генераторларнинг кўзғатиш чўлғамларига бериладиган ток ташқи манбадан (аккумулятор ёки бошқа генератор) олинади. Ўз-ўзидан кўзғатишли генераторларнинг кўзғатиш чўлғамларига бериладиган ток бевосита генераторнинг ўзидан–якоридан олинади. Ўз-ўзидан кўзғатишли генераторлар 3 хил бўлади:

- а) параллел кўзғатишли ёки шунт кўзғатишли генераторлар;
- б) кетма-кет кўзғатишли серияс генераторлар;
- в) аралаш кўзғатишли ёки компаунд генераторлар.

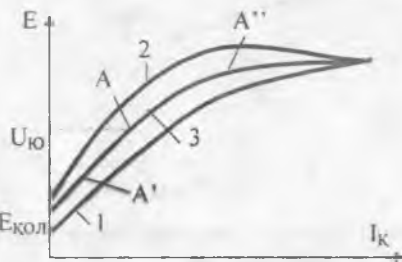
Параллел кўзғатишли генераторларда кўзғатиш чўлғами якорь чўлғамига параллел уланади. Кетма-кет кўзғатишли генераторларда эса кўзғатиш чўлғами якорь чўлғамига кетма-кет уланади. Аралаш кўзғатишли генераторларнинг кўзғатиш чўлғами иккита бўлади. Бири якорь чўлғамига параллел, иккинчиси эса якорь чўлғамига кетма-кет уланади.

Мустақил кўзғатишли ўзгармас ток генераторларининг қамчилиги кўшимча энергия манбаининг зарур бўлишидир.

Генераторнинг тафсифлари унинг иш хусусиятларини аниқлайди ва кўп жиҳатдан кўзга тиш усулига боғлиқ. Салт ишлаш тафсифи юклармасиз ($I_k = 0$) ва айланиш тезлиги ўзгармас ($n = \text{const}$) бўлганида якордаги ЭЮК ва кўзга тиш токининг ўзаро боғлиқлигидан иборат ($E = f(I_k)$). Мустақил кўзга тишли генераторлар салт ишлаганда якордаги ток нолга тенг. $n = \text{const}$ да якор чўлғамидаги ЭЮК (1.55-расмдаги 1 эгри чизик) магнит окимига тўғри пропорционал, шунинг учун салт ишлаш тафсифи маълум жиҳатдан машина пўлатининг магнитлиниш тафсифидир.

Машинанинг магнит занжири якор чўлғамда ЭЮКни индукцияловчи қандайдир магнит окимига эга бўлади (1.59-расм). Бу ЭЮК машина номинал кучлинишининг (2... 5) % ини ташкил этади. Магнит окими каби кўзга тиш чўлғами токининг ортиши билан якор чўлғамида индукцияланган ЭЮК ҳам ортади (1-эгри чизик). Бу тафсифнинг кўтарилувчи тармоғи олингандан сўнг, кўзга тиш токи камайтирилса, ЭЮК камаяди, аммо камаювчи тармок (2-эгри чизик) пўлатнинг магнитлиниши ҳисобига 1-эгри чизикдан юқорироқка жойлашади. Тафсифнинг кўтарилувчи ҳамда камаювчи тармоқлари деярли устма-уст тушмайди ва асосий тафсиф сифатида ўртача боғлиқлик (3-эгри чизик) қабул қилинади.

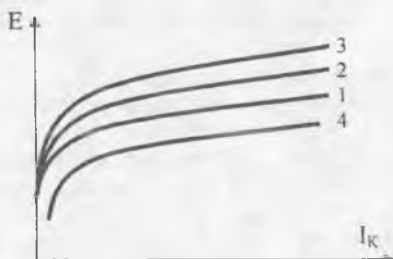
Нормал типдаги барча машиналар учун номинал кучлиниш нуктаси А магнит тафсифининг буқилган жойига жойлашади. Магнит тафсифнинг чизикли қисмида номинал кучлиниш нуктасини танлаш (А' нукта) кўзга тиш токи сезиларсиз ўзгарганда генератор қискичларидаги кучлинишнинг кескин ўзгаришига олиб келади. Бу нуктани тафсифнинг юқори қисмида жойлашишини танлаш (А'' нукта) генератор қискичларидаги кучлинишни ростлашда ЭЮКнинг ўзгариши учун кўзга тиш токини жуда катта ўзгариши талаб қилинади.



1.55-расм. Мустақил кўзга тишли ўзгармас ток генераторининг салт ишлаш тафсифлари

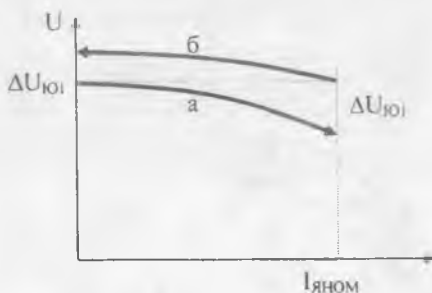
Генераторнинг ЭЮКни айланиш тезлиги n га пропорционал, демак n нинг ўзгариши ЭЮК нинг ўзгаришига олиб келади. $n > n_{\text{ном}}$ да салт ишлаш тафсифи $n_{\text{ном}}$ дагидан юқорида жойлашади (1.56-расмдаги 2-эгри чизик), $n < n_{\text{ном}}$ ишлаш тафсифи $n_{\text{ном}}$ дагидан пастда жойлашади (3-эгри чизик). Генераторнинг юқлиниш тафсифи генератор чикишидаги кучлинишнинг

кўзгатиш токига боғлиқлигидан иборат, яъни $U=f(I_K)$, бунда $I_{Ю}$ юклама токи ва n айланиш тезлиги ўзгармас булади. Юкланиш тафсифи, одатда, салт ишлаш тафсифи билан битта графикда чизилади (4-эгри чизик) ва бу якорь чўлғамидаги кучланишни юклама токига боғлиқ равишда пасайишни баҳолашга имкон беради.



1.56-расм. Мустақил кўзгатишли ўзгармас ток генераторининг турли айланиш тезликларидаги салт ишлаш тафсифлари

Ташки тафсиф (1.57-расм) генератор қискичларидаги кучланишни юклама токига боғлиқлигидан иборат, яъни $U=f(I_{Ю})$, бунда $I_K = \text{const.}$ $n = n_{НОМ} = \text{const.}$ Ташки тафсиф кучланишнинг камайишига (а эгри чизик) ва кучланишнинг ортишига (б эгри чизик) олинади.



1.57-расм. Мустақил кўзгатишли ўзгармас ток генераторининг ташки тафсифлари.

Кучланишнинг ортишига олинadиган тафсифни (б эгри чизик) олиш учун шундай кўзгатиш токи ўрнатиладики, генератор номинал юклама токи $I_{ЯНОМ}$ да унинг қискичларидаги кучланиш $U_{НОМ}$ га тенг бўлсин. Юклама токи камайганда, ҳам якорь чўлғами каршилигидаги кучланишни пасайиши, ҳам якорь реакцияси оқимининг магнитсизловчи таъсири камаяди ва бу генератор кучланишини $\Delta U_{Ю2}$ қийматга ортишига олиб келади. Машина пўлатининг тўйиниши

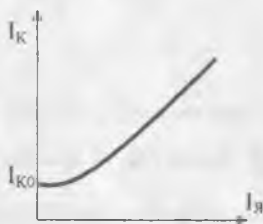
хисобига кучланишнинг ортиши $\Delta U_{\text{нб}}$, кучланишнинг камайиши $\Delta U_{\text{ю1}}$ дан кичик бўлади ($\Delta U_{\text{ю2}} < \Delta U_{\text{ю1}}$). Бу шундан келиб чиқадики, машина пўлати тўйиниш даражаси канчалик кичик бўлса, якорь окимининг магнитсизловчи таъсири шунчалик кучли бўлади. Номинал юкламадан салт ишлашга ўтишдаги кучланишни фоиз ўзгариши қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta U_{\%} = ((U - U_{\text{ном}}) / U_{\text{ном}}) 100\% \quad (1.62)$$

Ўртача қувватли замонавий машиналарда кучланишнинг ортиши номинал кучланишнинг 5...15% ини ташкил этади.

Ростлаш тафсифи (1.58–расм) кучланиш ва тезликнинг ўзгармас кийматларида юклама токининг қўзғатиш токига боғлиқлигидан иборат, яъни $I_{\text{ю}} = f(I_{\text{к}})$, бунда $U = U_{\text{ном}}$, $p = p_{\text{ном}}$.

Генератор салт ишлаганда номинал кучланишгача қўзғатилади (мос қўзғатиш токи $I_{\text{к}}$ қайд қилинади). Кейин кетма-кет юкланади ва қўзғатиш токи шундай орттириладики, генератор чиқишидаги кучланиш микдор жихатдан $U_{\text{ном}}$ номинал кучланишга тенг ва ўзгармас қолсин.



1.58–расм. Мустақил қўзғатишли ўзгармас ток генераторининг ростлаш тафсифи

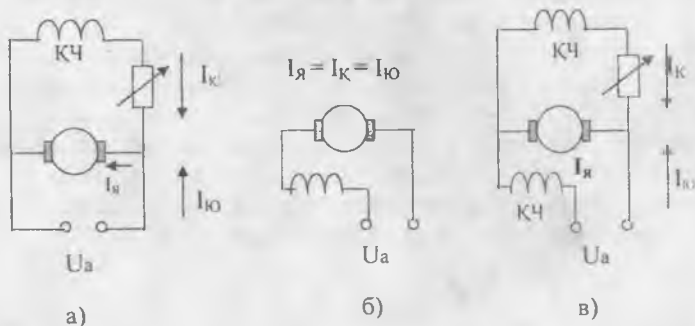
Ростлаш тафсифи юклама ўзгарган вақтда юкламадаги кучланишни ўзгармас сақлаш учун қўзғатиш токини қандай ўзгартириш кераклигини аниқлашга имкон беради.

Ўзгармас ток машиналарида магнит майдон доимий магнит ва электромагнит ёрдамида вужудга келтирилиши мумкин. Бу мақсад учун доимий магнитларнинг қўлланилиши маълум даражада чекланган. Машинанинг магнит майдонини вужудга келтиришда асосан электромагнит қўзғатиш кенг қўлланиладиган усулдир. Бунда магнит окимини электромагнит қўзғатиш чўлғамидан оқиб ўтадиган ўзгармас ток вужудга келтиради.

Ўзгармас ток генераторлари магнит майдонининг қўзғатиш усулига қараб, мустақил қўзғатишли ва ўз-ўзидан қўзғатишли бўлади. Ўз-ўзидан қўзғатишли генераторларнинг қўзғатиш чўлғамларига бериладиган ток бевосита ўз якоридан олинади. Ўз-ўзидан қўзғатишли генераторлар уч хил бўлади: а) параллел қўзғатишли ёки шунт қўзғатишли генераторлар;

б) кетма-кет қўзғатишли ёки сирлес генераторлар; в) аралаш қўзғатишли ёки компаунд генераторлар.

Параллел қўзғатишли генераторларда қўзғатиш чўлғами ростлаш қаршилиги орқали якорь чўлғамига параллел қилиб уланади (1.59а–расм.). Кетма-кет қўзғатишли генераторларда эса қўзғатиш чўлғами якорь чўлғамига кетма-кет уланади (1.59б–расм.). Аралаш қўзғатишли генераторларнинг қўзғатиш чўлғами иккита бўлади. Улардан бири якорь чўлғамига параллел, иккинчиси эса ташки якорь шохобчасига кетма-кет уланади (1.59в–расм.). Агар бундай генераторнинг параллел чўлғамидан ўтувчи озгина ток ҳисобга олинмаса, кетма-кет қўзғатиш чўлғамини ҳам якорь чўлғамига кетма-кет уланган, деб ҳисобласа бўлади. I_k қўзғатиш токини ростлаш учун қўзғатиш чўлғами занжирига R_p резистор қўйилган.



1.59–расм. Қўзғатиш чўлғамининг уланиш схемалари: а) параллел, б) кетма-кет, в) аралаш.

Параллел қўзғатишли генератор якоридаги кучланиш қуйидагига тенг бўлади:

$$U_{ю} = E - I_a R_a = U, \quad (1.63)$$

бу ерда $I_a R_a$ якорь қаршилигидаги кучланишнинг пасайиши.

Якорь ҳам ташки электр шохобчасини, ҳам қўзғатиш чўлғами занжирини ток билан таъминлайди (1.60–расм.). Генератор нормал ишлаганида унинг қўзғатиш чўлғамидан ўтадиган ток қуйидагига тенг бўлади:

$$I_k = U_k / (R_k + R_p) - U_a / (R_k + R_p) \quad (1.64)$$

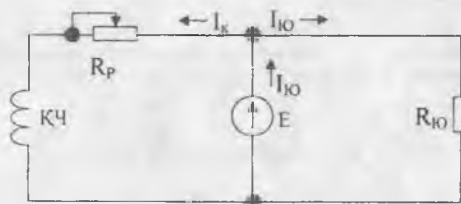
бу ерда U_k –қўзғатиш кучланиши (у якордаги кучланишга тенг); R_k –қўзғатиш чўлғамининг қаршилиги; R_p –ростлаш реостатининг қаршилиги.

Юклама бўлмаганида, яъни $I_{ю} = 0$ бўлганида

$$I_r = I_k \quad (1.65)$$

булади.

Кўзгатиш токи якорнинг номинал токига нисбатан жуда оз бўлганлиги учун якорь кучланишининг пасайишини эътиборга олмаса ҳам булади, яъни $U = E - c \cdot n \cdot \Phi$ булади. Бунда $\Phi = I_k \cdot w / R_M$.



1.60–расм. Ўз-ўзидан кўзгатишли ўзгармас ток генераторининг эквивалент схемаси

Якорнинг айланиш тезлиги ўзгармас бўлганида якордаги кучланиш кўзгатиш токигагина боғлиқ булади, яъни

$$U_{я} = E = f(I_k) \quad (1.66)$$

(1.67) ифодага мувофиқ, кўзгатиш токини ҳосил қилиш учун якорда кучланиш бўлиши керак. (1.66) ифодага кўра якорда кучланиш ҳосил қилиш учун эса кўзгатиш токи бўлиши керак.

Дастлаб якорь бирламчи двигатель ёрдамида айлантирила бошлаганда кўзгатиш токи ва кўзгатиш токини ҳосил қилувчи якорда ҳеч қандай кучланиш бўлмайди. Шундай бўлса, машинада кучланиш ва ток қандай ҳосил булади? Бундай генераторда ЭЮК пайдо бўлиши ўз-ўзидан кўзгатиш принципига асосланган.

Генератор ишлаши ёки ўз-ўзидан кўзғалиши учун унинг магнит системасида (кутблар ва станина) қолдик магнетизм $\Phi_{км}$ бўлиши шарт. Машинада бундай қолдик магнетизм дастлаб заводнинг ўзида ташки ток манбаи ёрдамида вужудга келтирилади. Қолдик магнетизм $\Phi_{км}$ якорь чўлғамларида биров бўлса ҳам $E_{км}$ ЭЮКни индукциялайди (1.61–расм). Шу ЭЮК кўзгатиш чўлғамларида $I_{км}$ токни ҳосил қилади:

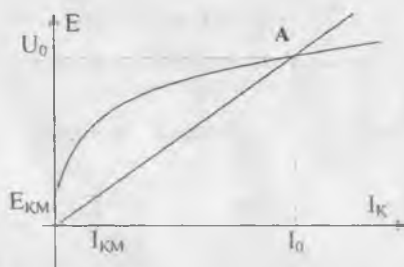
$$I_{км} = E_{км} / (R_{я} + R_k + R_p) = E_{км} / (R_k + R_p) \quad (1.67)$$

Бунда якорнинг қаршилиги эътиборга олинмайди, чунки кўзгатиш чўлғамининг қаршилигига қараганда анча кичик булади. $I_{км}$ кўзгатиш токи магнит майдони ҳосил қилади. Бу магнит майдони қолдик магнетизмнинг магнит майдони томон йўналган. Агар улар бир томонга йўналмаса, генератор ўз-ўзидан кўзғалмайди ва ишлай олмайди. Бунда генератор якорини тескари томонга айлантириш ёки кўзгатиш чўлғами занжиридаги ток йўналишини

Ўзгартиришга тўғри келади. Бунинг учун кўзғатиш чўлғами занжирининг якорь чўлғамига уланган учларини алмаштириш керак.

Кўзғатиш чўлғами токини ҳосил қилувчи магнит майдони колдик магнетизмнинг магнит майдони томон йўналган бўлса, бутун магнит майдони ва индукцияланувчи ЭЮК оша боради. ЭЮК орта борган сари кўзғатиш токи ҳам кучая боради. Бу жараён кўзғатиш чўлғами занжиридаги кучланиш индукцияланувчи ЭЮК ни мувозанатлагунга қадар давом этади (1.61-расмдаги А нукта). Аммо магнит тўйиниш туфайли кучланишнинг ўсиш жараёни чекланган бўлади.

Электр машиналарнинг хоссаларини уларнинг тафсифлари ёрдамида осон тушуниш мумкин. Бу тафсифлар машинага оид барча катталиклар ўзгармас бўлганда, фақат икки асосий параметр ўзгарганда улар орасидаги боғланишни ифода этувчи эгри чизиқдан иборат. Амалда генератор учун якорнинг айланишлар частотаси ўзгармас, якорь кучланиши, якорь токи ва кўзғатиш токи ўзгарувчан катталиклар ҳисобланади.



1.61-расм. Ўз-ўзидан кўзғатишли ўзгармас ток генераторининг салт ишлаш тафсифи

Параллел кўзғатишли ўзгармас ток генераторини текширганда унинг учта асосий тафсифи олинади.

1. Салт ишлаш тафсифи. Бу тафсиф якордаги кучланишнинг (якорнинг ташки занжири очик бўлганда) кўзғатиш токига боғлиқ бўлишини кўрсатади. Салт ишлаш тафсифининг аналитик ифодаси $U=f(I_k)$ бунда $I_a=0$ ва $n=\text{const}$. $I_a=0$ бўлганда $U=E$ бўлади, бинобарин $E=f(I_k)$ бўлади. $n=\text{const}$ бўлганлиги учун $E=c \cdot n \cdot \Phi$ ифодани $E=K\Phi$ кўринишида, $E=f(I_k)$ аналитик ифодани эса $\Phi=f(I_k \cdot w)$ ёки $V=f(H)$ кўринишида ёзиш мумкин. Бу эса магнитланиш тафсифининг аналитик ифодасидир.

Шундай қилиб, салт ишлаш тафсифининг эгри чизиғи машина магнит занжири айрим элементларининг магнит хоссалари билан белгиланади. Кўзғатиш токи ортганида ЭЮК ортади. ЭЮК максимал қийматга эришганидан сўнг, кўзғатиш токи аста-секин камайтира борилса, кўзғатиш токининг аввалги қийматларига тўғри келганда ҳосил бўладиган ЭЮК аввалгидан ортиқроқ бўлади. Машина кутби ва корпусларидаги колдик магнетизм шунга сабаб бўлади.

Одатда, назарий салт ишлаш тафсифи ишлатилади. Бу тафсиф хақиқий тафсифнинг кўтарилиувчи ва камаювчи тармоқлари ўртасидан ўтган чизиқдир.

Салт ишлаш тафсифи уч қисмдан иборат. Биринчи қисм тафсифнинг тўғри чизиқли бошланғич қисмидир. Бу қисмда машина ҳали магнит жихатдан

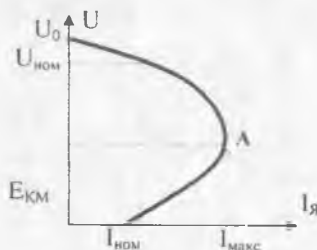
тўйинмаган бўлиб, магнитланиш анча кам бўлади. Иккинчи қисм тафсифнинг эгри чизикли қисми бўлиб, "тирсак" деб аталади. Бу қисмда машина магнит тўйиниш арафасида бўлади. Учинчи қисм тафсифнинг ётик ва тўғри чизикли қисмлари бўлиб, бунда машина тўйинган, яъни қўзғатиш токининг ортиши янги магнит куч чизикларини ҳосил қилмайди.

Номинал кучланишнинг ишчи қисми, албатга, тафсифнинг эгри чизикли (тирсак) қисмида бўлиши керак, чунки бу ҳолда кучланишни ростлаш қулайроқ.

2. Ташки тафсиф. Қўзғатиш занжирининг қаршилиги ва айланиш тезлиги ўзгармас бўлганда генератор якордаги кучланишнинг юклама токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизик $U=f(I_{\text{Ю}})$ ($n=\text{const}$ бўлганида) ташки тафсифдир.

Параллел қўзғатишли генераторнинг ташки тафсифини олишда қўзғатиш занжирининг қаршилиги $R_k=\text{const}$ бўлади (1.62–расм). Юклама токи $I_{\text{Ю}}$ ортганда якордаги ток I_a ҳам ортади. Бу эса якордаги кучланиш пасайиши ($I_a \cdot R_a$) ҳамда якорь реакцияси туфайли якордаги кучланишнинг пасайишига сабаб бўлади.

Демак, қўзғатиш токи $I_k=U/R_k$ камаяди. Бу эса магнит оқими $\Phi=I_k \cdot w_k/R_m$, индукцияланувчи ЭЮК $E=c \cdot n \cdot \Phi$ ва якордаги кучланиш $U=E-I_a \cdot R_a$ нинг камайишига сабаб бўлади.



1.62–расм. Ўз-ўзидан қўзғатишли генераторнинг ташки тафсифи

Шундай қилиб, параллел қўзғатишли генератор кучланишининг пасайишига таъсир кўрсатувчи сабаблар қуйидагилардан иборат:

1. $I_a \cdot R_a$ кучланишнинг якорь қаршилигида пасайиши.
2. Якорь реакцияси.
3. Қўзғатиш токининг камайиши.

Параллел қўзғатишли генераторда нисбий кучланиш пасайиши қуйидагига тенг бўлади:

$$U_{\%} = ((U_0 - U_{\text{ном}}) / U_{\text{ном}}) \cdot 100 \% \quad (1.68)$$

Ўртача қувватли қўшимча қутбלי машиналарда $U_{\%}=8-15\%$ га тенг бўлади. Тафсифдан кўринадики, параллел қўзғатишли генераторни фақат аниқ бир чегарагача ($I_{\text{макс}}$ гача) юклаш мумкин ва бу ток критик ток деб аталади (А нукта). Токни бу даражагача орттириш мумкин эмаслигининг сабаби, ток

орта борса, кучланишни пасайишининг I_K юклама токини камайтиришига таъсири R ташки каршилиқнинг таъсирига караганда кўпроқ бўлади. Ташки каршилиқнинг камайиши юклама токини орттиради:

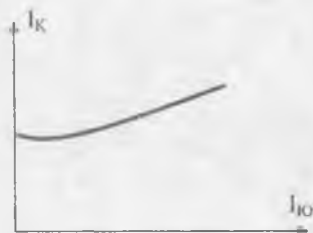
$$I_{Ю} = U/R = (U_0 - U) / R \quad (1.69)$$

Ташки каршилиқ нолга тенг бўлганида $I_{Ю}$ ток $I_{КТ}$ киска туташув токига тенг бўлади. Тафсифдан кўринишидiki, киска туташув токи унча катта эмас. Бу токни колдик магнетизм оқими индукцияланган ЭЮК ҳосил қилади.

3. Ростлаш тафсифи. Айланиш тезлиги ўзгармас бўлганида кўзғатиш токининг юклама токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизиқ ростлаш тафсифи дейилади. $I_K = f(I_{Ю})$, бунда $U = \text{const}$, $n = \text{const}$.

Электр энергияси истеъмолчиларнинг (электр двигателлар, лампалар ва бошқалар) яхши ишлаши учун манбадан олинadиган кучланиш юклама ўзгаришига тенг бўлиши керак.

Шунтли генераторларда юклама ўзгариши билан кучланишни миқдор жихатдан бир хил сақлаш имконияти бор. Бунинг учун кўзғатиш занжиридаги ростлаш реостати ёрдамида кўзғатиш токи I_K , шунингдек, магнит оқими Φ ва ЭЮК ўзгартирилади, кучланиш эса ўзгармас ($U = \text{const}$) ушлаб турилади. Барча генераторлар кучланиш ростлагичлари билан жиҳозланади. Демак, ростлаш тафсифи (1.63–расм) турли юкламаларда генераторнинг кискичларидаги кучланишни бир хил (ўзгармас) ушлаб туриш учун кўзғатиш токини қанча ўзгартириш кераклигини кўрсатади.



1.63–расм. Ўз-ўзидан кўзғатишли ўзгармас ток генераторининг ростлаш тафсифи

Ўзгармас ток генератори алоқа қурилмаларининг (электролиз ва гальваник) паст кучланишли ўзгармас ток истеъмол қиладиган манбалари ҳисобланади. Ундан синхрон генераторнинг кўзғаткичи сифатида ҳам фойдаланилади.

Айниқса, махсус ўзгармас ток генераторлари (пайвандлашда, поездларни ёритиш учун ишлатиладиган генераторлар, ўзгармас ток кучайтиргичлари, аккумуляторларни зарядлаш учун генераторлар) кенг тарқалган.

2. Иккиламчи электр энергияси манбалари

2.1. Тўғрилагичлар

Республикамызда электр энергияси 50 Гц частотали ўзгарувчан токда тарқатилади, бу билан бирга телекоммуникация аппаратураларининг кўп қисми турли номиналлардаги ўзгармас ток билан таъминланиши сабабли ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартириш зарурати туғилади. Бунинг учун электр машиналарни ишлатиш мумкин, лекин уларнинг айланувчан қисмлари шовкин ҳосил қилади, махсус фундаментларни талаб қилади ва қатор камчиликларга эга. Қувватли кучли венти́ллар яратилгандан сўнг электр машиналардан статик тўғрилаш қурилмаларига, яъни тўғрилагичларга ўтилди.

Тўғрилагич деб ўзгарувчан токни ўзгармас токга айлантирувчи қурилмага айтилади. Ишлатиш жараёнида тўғрилагичлар қуйидаги қатор техник талабларга жавоб бериши керак:

- 1) талаб қилинадиган кучланиш ва қувват;
- 2) тўғриланган кучланиш пульсациясининг рухсат этиладиган даражаси;
- 3) хавфсиз хизмат кўрсатиш;
- 4) қулайлик ва бошқариш ишончилиги;
- 5) юқори ФИК;
- 6) тўғриланган кучланишнинг стабиллиги;
- 7) юқори қувват коэффициентлари;
- 8) ўта юқори тоқлардан ва ортикча кучланишлардан ишончли ва тезкор химоя;
- 9) техник ишлатишнинг паст нархи;
- 10) қурилманинг кичик габаритларга ва оғирликка эга бўлиши.

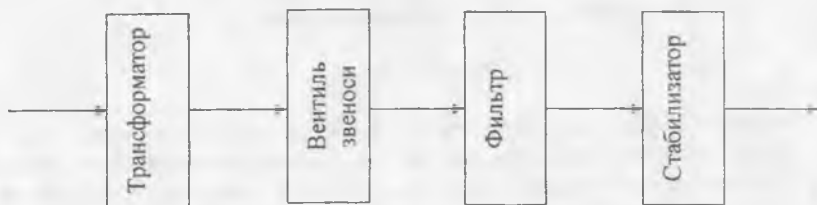
Умумий кўринишда тўғрилагич 4 та асосий қисмлардан иборат бўлади (2.1–расм).

Трансформатор қуйидаги вазифаларни бажаради:

1. Ўзгарувчан ток тармоғи кучланишини тўғриловчи элемент киришида талаб қилинадиган қийматга ўзгартиради.

2. Тўғрилагич ишчи занжирларини ва юқламани таъминлаш тармоғидан ва бошқа истеъмолчилардан галваник (электр) ажратади, яъни уларни мустақил қилади..

3. Кўпинча телекоммуникация аппаратуралари талаб қиладиган тўғрилагич бир кутбини ерга улаш имкониятини беради. Баъзан тўғрилагич трансформатори фазалар сонини ошириш учун ишлатилади. Бунинг учун иккиламчи чўлғамлар сони бирламчи чўлғамлар сонига нисбатан икки мартага оширилади. Бу тўғриланган кучланиш пульсацияси частотасини ошириш ва пульсацияни камайтириш мақсадида қилинади. Бундан ташқари трансформаторнинг иккиламчи томонидаги юлдуз схемада улангандаги фаза чўлғамларининг умумий нуктаси кўпинча тўғрилагичнинг юқлама уланадиган чиқиш кутби бўлиб хизмат қилади.



2.1—расм. Бир каналли тўғрилагичнинг тузилиш схемаси

Вентиллар бир тамонлама ўтказувчанликка эга ва ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартиришни амалга оширади. Тўғрилагичда уларнинг сонни тўғрилаш схемасига боғлиқ бўлади. Тўғрилагичнинг ҳар бир фазаси камида битта вентиль звеносига эга бўлади. Лекин кўп ҳолларда талаб қилинадиган ток ва кучланиш қийматини олиш учун ҳар бир вентиль звеносида бир неча вентиллар бўлиши мумкин. Вентиллар кетма-кет, параллел ва мураккаб гуруҳларда уланиши мумкин.

Тўғрилагичдан кейин кучланиш ёки ток пульсланувчан бўлади. Уни ўзгармас ва ўзгарувчан ташкил этувчилардан иборат деб тасаввур қилиш мумкин. Телекоммуникация аппаратуралари пульсланувчан ўзгармас ток билан таъминланганда алоқа сигналларини узатишда жиддий халақитлар юзага келиши мумкин. Бунга рухсат этилмайди ва пульсацияни камайтириш чоралари кўрилади. Бунинг учун вентиллар ва таъминланадиган аппаратуралар орасига силликловчи филтёр қўйилади. Тўғрилагичнинг чиқиш кучланиши 10...15 фоизга ўзгариши мумкин бўлган таъминот ўзгарувчан кучланиш қийматига боғлиқ. Телекоммуникация аппаратураларида кўпинча бундай сезиларли тебранишга рухсат берилмайди. Шунинг учун замонавий тўғрилагичларда филтёрдан кейин ток ва кучланиш стабилизаторлари қўйилади. Бу звенодан ташқари тўғрилаш қурилмасида коммутациялаш аппаратураси, химоялаш занжири ва бошқалар бўлиши мумкин.

Тўғрилагичлар бошқариладиган ва бошқарилмайдиган бўлади. Бошқарилмайдиган тўғрилагич чиқиш кучланишини бошқариш имкониятини бермайди. У ҳақиқатда $U_0 = K \cdot U_2$ муносабат орқали аниқланади (бу ерда U_0 — чиқишдаги ўзгармас ток кучланиши, U_2 — тўғрилагич киришидаги ўзгарувчан ток кучланиши, K — тўғрилаш схемасининг доимий коэффиценти).

Агар бундай тўғрилагичда чиқиш кучланишини ўзгартириш керак бўлса, киришдаги кучланишни ўзгартиришга тўғри келади. Бошқариладиган тўғрилагичларда юкламадаги ўзгармас ток кучланишини тўғрилагич ишлаши жараёнида тўғрилагич иш режимига таъсир қилган ҳолда ўзгартириш мумкин.

Тўғрилаш қурилмасини қуйидагича синфларга ажратиш мумкин:

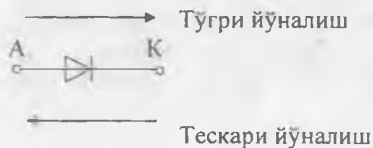
- 1) тўғрилаш схемаси буйича — бир фазали ва кўп фазали, битта ярим даврли (бир тактли) ва иккита ярим даврли (икки тактли);
- 2) қувват буйича — кичик қувватли (100 Вт гача), ўрта қувватли (5 кВт гача), катта қувватли (5 кВт дан юқори);

- 3) тўғриланган ток частотаси бўйича–саноат частотаси (50Гц), оширилган частотали (400 ёки 1000Гц), юкори частотали (1000Гц дан юкори);
- 4) кучланиш бўйича–кичик кучланишли (250 В гача), ўрта кучланишли (1000 В гача), юкори кучланишли (1000 В дан юкори);
- 5) иш юкласининг режими бўйича–узук вақтли, импульсли, қисқа вақтли;
- 6) тўғрилагичга юкламанинг реакцияси бўйича–актив, индуктив ва сифим реакцияли.

2.1.1. Вентиллар ва уларнинг параметрлари

Ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартириш ночизикли элемент вентиль ёрдамида амалга оширилади.

Вентиль бир томонлама ўтказишга, яъни бир йўналишдаги токка катта ўтказувчанликка (кичик қаршиликка) ва бошқа йўналишдаги токка кичик ўтказувчанликка (катта қаршиликка) эга бўлади. Вентиль кичик қаршиликка эга бўлган йўналиш тўғри йўналиш дейилади ва $R_{тўғ}$, $I_{тўғ}$, $U_{тўғ}$ катталиклар билан характерланади. Вентиль катта қаршиликка эга бўлган йўналиш эса тескари йўналиш дейилади ва $R_{тес}$, $I_{тес}$, $U_{тес}$ катталиклар билан характерланади. Схемада вентилнинг белгиланиши 2.2–расмда келтирилган.



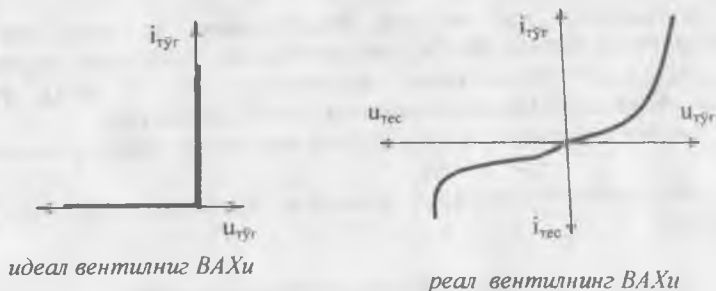
2.2– расм. Схемада вентилнинг белгиланиши

Аноддан катодга йўналишдаги кучланиш тўғри, катоддан анодга йўналишдаги кучланиш эса тескари кучланиш дейилади. Реал ва идеал вентилларга ажратилади. Вентилдан оқиб ўтадиган ток ва вентилнинг асосий электр хусусиятлари унинг вольт-ампер тафсифи (ВАХ) $I=f(U)$ оркали характерланади. Вентиллар реал ва идеал вентилларга ажратилади.

Идеал вентилда $R_{тўғ}=0$, мос равишда $U_{тўғ}=0$, $I_{тўғ}$ ток эса ҳеч нарса билан чекланмайди, $R_{тес}=\infty$, яъни $U_{тес}$ кучланишнинг хар қандай кийматида $I_{тес}=0$ бўлади.

Реал вентиль қандайдир $R_{тўғ}$ қаршиликка эга бўлади, шунинг учун талаб қилинадиган $I_{тўғ}$ тўғри токни олиш учун вентилга маълум кийматдаги $U_{тўғ}$ кучланишни бериш керак бўлади. Реал вентиль тескари йўналишда $R_{тес}$ юкори қаршиликка эга бўлганлиги сабабли қандайдир $I_{тес}$ тескари токни ўтказиши (2.3–расм).

Вентиллар бошқариладиган ва бошқарилмайдиган бўлиши мумкин. Ҳозирги вақтда асосан ярим ўтказгичли вентиллар–селенли, кремнийли бошқариладиган (тиристорлар) қўлланилади.

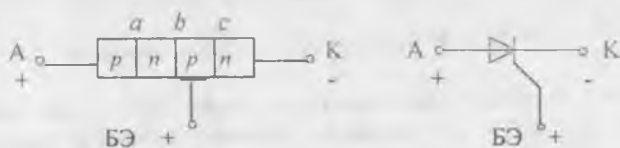


2.3 –расм. Ярим ўтказгичли диоднинг вольт-ампер тафсифлари

Германийли вентиллар, асосан кўпроқ кичик кучланишли тўғрилагичларда қўлланилади, чунки уларнинг $U_{тҮҒ}$ кучланиши кремнийли вентилларга караганда 2-3 марта кичик.

Кремнийли вентиллар германийли вентилларга караганда катта $U_{тес\text{ рҮХ}}$ кучланишга ва 2-3 марта кичик $I_{тес}$ токка эга ва қувватли тиристорли тўғрилаш қурилмаларида юкори температураларда қўлланилади. Бошқарилмайдиган кремнийли вентиллар 1000 А гача $I_{тҮҒ}$ тоқлар ва 1000 В гача тескари кучланишларга ишлаб чиқарилади..

Кремнийли вентиллар бошқариладиган вентиллар тиристорлар бўлиши ҳам мумкин. Улар бошқариладиган тўғрилагичларда қўлланилади. У тўрт қатламли ярим ўтказгичли тузилишдаги уч электродли асбоб ҳисобланади (2.4– расм).

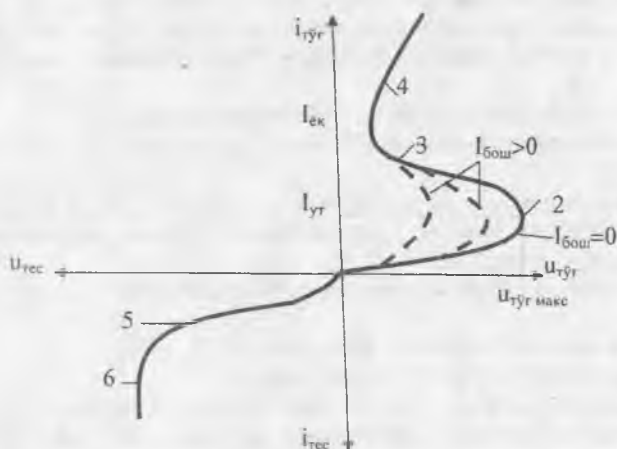


2.4 –расм. Тиристорнинг тузилиши ва схемада белгиланиши

Оддий диоддаги анод ва катоддан ташқари, улар яна бир бошқариш электродига (БЭ) эга бўлади. Бошқариш электродига мусбат кутбли сигнал берилмагандаги тиристорнинг вольт-ампер тафсифи 2.5–расмда келтирилган.

Тиристор анодига $U_{а\text{ мах}}$ кучланишдан кичик бўлган кучланиш берилмагунча токни ўтказмайди. Бу вақтда тиристордан жуда кичик бўлган $I_{иср}$ исрофий ток оқиб ўтади (1-соха), агар $U_a = U_{а\text{ мах}}$ бўлса, тиристор очилади ($I_{от}$ токда) ва иккинчи барқарор ишлаш соҳасига бўлади, у ҳолда ундан оқиб ўтадиган $I_{тҮҒ}$ ток юклама қаршилиги орқали аниқланади.

Агар $I_{\text{тўғ}}$ ток $I_{\text{ёт}}$ токкача камайса, тиристор ўз-ўзидан ёпилади. 3-соҳа тиристорнинг нобаркарор иш зонаси ҳисобланади. 4-соҳа ҳар қандай диоддаги каби тесқари қучланишда тиристорнинг ёпилишига мос келади.



- 1-тўғри йўналишда ўтказмаслик соҳаси;
- 2-тешилиш соҳаси;
- 3-манфий қаршилиқ соҳаси;
- 4- юқори ўтказувчанлик соҳаси;
- 5-тесқари йўналишда ўтказмаслик соҳаси;
- 6-қайтмас қучқисимон тешилиш соҳаси.

2.5-расм. Ярим ўтқазғичли тиристорнинг вольт-ампер тафсифи

Агар бошқарувчи электродга сигнал берилса, 1-чи ва 3-чи соҳаларда тиристорнинг тафсифи ўзгаради, яъни $I_{\text{б1}}$ токда, $U_{\text{амак1}}$ қучланишнинг кичик қийматида тиристор очилади, $I_{\text{б}}$ ток $I_{\text{б2}}$ токка ортганда у янада очилади, $U_{\text{амак2}}$ қучланиш кичикрок бўлади. Етарличи катта $I_{\text{б}}$ токда тиристорнинг вольт-ампер тафсифи оддий бошқарилмайдиган диод вольт-ампер тафсифига яқин бўлади. Шундай қилиб, агар тиристор ўзгарувчан ток занжирига қўйилса, $I_{\text{б}}$ токка боғлиқ равишда $U_{\text{амак}}$ қучланишининг турли қийматларида очилади. Агар тиристорларни тўғрилагичларда диодлар ўрнига қўйилса, тўғрилагич чиқишида бошқариладиган қучланиш олинади. Тиристор очилган бўлса, бошқариш электродининг бошқариш таъсири йўқолади ва тиристори тесқари қучланиш ёки тармоқдан узиш орқали ёпиш мумкин.

2.1.2. Тўғрилагичнинг чиқиш параметрлари

Тўғрилагичнинг чиқиш параметрларига қуйидагилар қиради:

- 1) тўғриланган қучланишнинг ўртача қиймати $U_{\text{о}}$;

2) тўғриланган токнинг ўртача қиймати I_0 ;

3) тўғриланган кучланиш асосий гармоникаси пульсациясининг частотаси $f_{\text{ткп}}$;

4) тўғриланган кучланишнинг пульсация коэффициентлари K_n ;

5) тўғрилагич кириш кучланиши битта қийматда бўлганида U_0 чиқиш кучланишининг I_0 юклама токига боғлиқлиги бўлган тўғрилагичнинг ташқи тафсифи;

6) вентилярни танлаш учун $U_{\text{тес}}$ тескари кучланиш,

Тўғрилаш схемалардаги трансформаторлар учун қуйидаги параметрлар аниқланади:

1) иккиламчи чўлғам кучланиши U_2 ва токи I_2 , чунки уларни тўғриланган кучланиш ва токнинг ўртача қиймати (ўзгармас ташкил этувчи) билан таққослаш қабул қилинган;

2) бирламчи чўлғам кучланишининг U_1 ва токининг I_1 таъсир этувчи қийматлари;

3) иккиламчи чўлғамнинг тўла қуввати S_2 ;

4) бирламчи чўлғамнинг тўла қуввати S_1 ;

5) трансформаторнинг тўла (габарит) қуввати $S_{\text{тп}} = (S_1 S_2) / 2$;

6) трансформатор иккиламчи чўлғамидан фойдаланиш коэффициентлари $K_2 = P_0 / S_2$, бу ерда P_0 тўғрилагичнинг қуввати;

7) трансформатор бирламчи чўлғамидан фойдаланиш коэффициентлари $K_1 = P_0 / S_1$;

8) трансформатордан фойдаланиш коэффициентлари $K_{\text{тп}} = P_0 / S_{\text{тп}}$.

Бу коэффициентлар тўғрилаш схемасига боғлиқ, чунки бир тактли тўғрилашда трансформаторда мажбурий магнитлаш ходисаси мавжуд бўлиб, у трансформатордан фойдаланиш коэффициентини кескин камайтиради.

Бу чиқиш параметрларини кўриб чиқамиз. Тўғрилаш схемаси бўйича тўғрилагичлар бир фазали ва кўп фазали, битта ярим даврли (бир тактли) ва иккита ярим даврли (икки тактли) бўлади. Шунинг учун тўғрилаш фазалари сони m трансформатор иккиламчи чўлғами фазалари сонига мос келмаслиги мумкин. Бу сон $m = rp$ муносабатдан аниқланади (бу ерда $n = 1, 2, 3, 4, \dots, 6$ ва x - трансформаторнинг иккиламчи чўлғамлари сони, $p = 1$ ёки 2 тўғриланадиган ярим даврлар сони). Бир тактли ёки икки тактли схемаларни аниқлаш шундан келиб чиқадики, таъминот кучланишни бир даврида трансформатор иккиламчи занжири фаза чўлғамидан нечта ток импульслар оқиб ўтади. Бир тактли тўғрилагичда бир даврда бир фазали чўлғам орқали битта ток импульси, икки тактли тўғрилагичда эса икки фазали чўлғам орқали иккита ток импульси оқиб ўтади. Шундай қилиб, тўғриланган ток пульсацияси частотаси таъминот тармоғи частотасига мос тушмайди ва у $f_{\text{ткп}} = mf_{\text{тар}}$ бўлади.

2.1.3. Бир тактли тўғрилаш схемалари

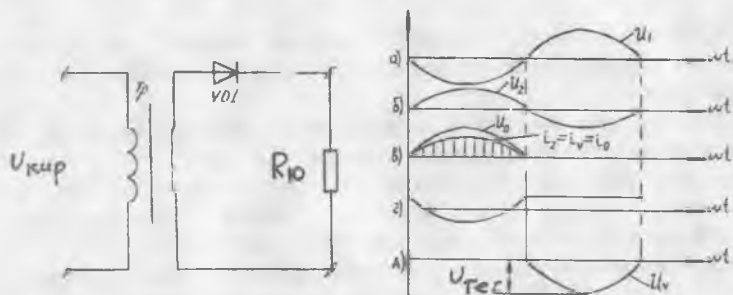
Бир фазаги бир тактли тўғрилаш схемаси

Бир фазаги битта ярим даврли тўғрилаш схемаси 2.6-расмда келтирилган. VD1 диод анодида мусбат потенциал бўлганида ток, VD1 диод, $R_{ю}$ юклама орқали оқиб ўтиб трансформатор иккиламчи чўлғамига туташади. Агар $U_{кир} = U_{1m} \cdot \sin \omega t$ бўлса, юкламадаги ток ярим синусоидал шаклда бўлади, юкламадаги кучланиш шакли ҳам шундай шаклда бўлади. Бу тўғриланган ток битта даврда юкламадан оқиб ўтадиган тўғриланган токнинг ўртача қиймати бўлган ўзгармас ташкил этувчига эга бўлади.

Бир тактли тўғрилаш схемасида қуйидаги муносабатлар ўринли ҳисобланади.

$$U_0 = (\sqrt{2}/\pi) \cdot U_2 = 0,45 \cdot U_2; \quad (2.1)$$

$$I_0 = (2/\pi) \cdot I_2 = I_2/1,57 = 0,637 \cdot I_2. \quad (2.2)$$



2.6-расм. Бир фазаги бир тактли тўғрилаш схемаси ва вақт диаграммалари

Ёпиқ вентилга қўйиладиган тесқари кучланиш трансформатор иккиламчи чўлғамига қўйиладиган кучланишга прапорционал бўлади:

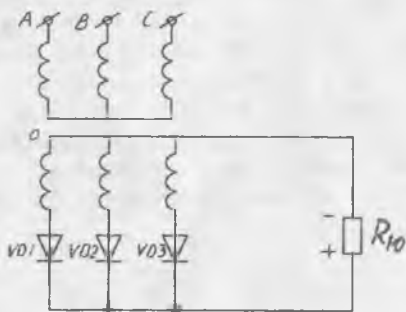
$$U_{TEC} = U_m = \pi \cdot U_0 = 3,14 \cdot U_0 = U_2 \cdot \sqrt{2} \quad (2.3)$$

яъни, тўғриланган кучланишда π мартага катта бўлади. Тўғриланган кучланиш ва ток пульсациясининг частотаси $f_{твр} = f_{таp}$ бўлади (яъни $m=1$).

Уч фазаги бир тактли тўғрилаш схемаси

У иккиламчи чўлғами юлдуз схемада уланган уч фазаги трансформатор ва трансформатор иккиламчи чўлғамлари фазаларига биттада уланган учта диодлардан иборат. Трансформатор иккиламчи чўлғамлари охириги учлари бир

нолинчи нуктага, бош учлари эса диодлар анодларга уланади. Барча вентиляр катодлари умумий нуктага уланади ва тўғрилагич чиқишида мусбат кутбни ташкил қилади (2.7-расм).



2.7-расм. Уч фазали бир тактли тўғрилаш схемаси

Трансформаторнинг нолинчи нуктаси манфий кутб ҳисобланади. Иккиламчи чўлғам фаза кучланишлари бир-бирларидан $2\pi/3$ бурчакка сурилган бўлади.

Исталган вақт momentiда анодида бошқа фазаларга қараганда энг катта мусбат потенциал бўлган фаза диоди очилади (2.8-расм).

t_0 ихтиёрий вақт momentiда VD1 диод анодида энг катта мусбат потенциал бўлади ва у очик бўлади. U_{21} кучланиш таъсирида ток биринчи фаза, VD1 диод, R_{Σ} юклама орқали нолинчи нуктага оқиб ўтади.

Юкламадаги кучланиш U_{21} оний қийматга тенг бўлади. t_1 вақт momentiгача иккинчи фазадаги кучланиш ҳам мусбат, лекин биринчи фазадаги кучланишдан кичик бўлади, шунинг учун VD2 диод анодидаги потенциал унинг катодидаги потенциалдан кичик бўлади ва VD2 диод ёпиқ бўлади.

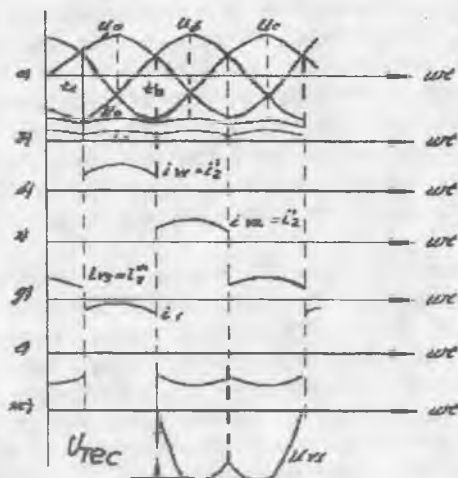
t_2 моментдан бошлаб учинчи фаза ишлай бошлайди ва жараёнлар даврий такрорланади. Ҳар бир фаза даврининг $2\pi/3$ қисми давомида ишлайди. Тўғрилагич чиқишидаги U_0 кучланиш исталган вақтда иккиламчи чўлғам (фаза диоди очик бўлганда) фаза кучланишининг оний қийматига тенг бўлади, яъни U_0 тўғриланган кучланиш U_2 кучланишининг оғдирувчиси ҳисобланади, $I_0 = U_0/R_0$ бўлганлиги учун мана шу эгриликнинг ўзи бошқа масштабда ток эгрилиги бўлади. Бинобарин, ток ҳар бир фаза бўйича даврининг учдан бир қисмида оқиб ўтади.

Вақтнинг бошланиши деб қўш чўлғамлар фазаларидаги U_2 кучланиш U_m кучланишига тенг бўлган моментни оламиз ва $\omega t = \pi/m$ (бу ерда $m=3$) вақт интервалини қўриб чиқамиз. У ҳолда тўғриланган кучланишининг ўзгармас ташкил этувчиси қуйидаги ифодада орқали аниқланади.

$$U_0 = \left(\frac{m}{2\pi}\right) \int U_m \cdot \cos \omega t \, d\omega t = \left(\frac{m}{\pi}\right) \cdot U_m \cdot \sin \frac{\pi}{m} = \frac{3}{\pi} \cdot U_m \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \quad (2.4)$$

ёки U_2 таъсир этувчи кийматга ўтиб куйидагига эга бўламиз:

$$U_0 = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_2) / 2 \cdot \pi = 1,17 \cdot U_2, \quad (2.5)$$



2.8-расм. Уч фазали бир тактли тўғрилаш схемаси вақт диаграммалари

Тўғриланган токнинг ўзгармас ташкил этувчиси куйидагича аниқланади:

$$I_0 = \left(\frac{m}{\pi}\right) \int (I_m)^2 \cdot \cos^2 \omega t \, d\omega t = \left(\frac{3}{\pi}\right) \cdot I_m \cdot \sin \frac{\pi}{3} \quad (2.6)$$

Диод ва трансформатор кўш чўлғамларидаги токнинг таъсир этувчи киймати куйидаги ифодадан аниқланади:

$$I_2 = \left(\frac{1}{\pi}\right) \int (I_m \cdot \cos \omega t)^2 \, d\omega t = I_m \cdot \sqrt{\frac{1}{2m} + \left(\frac{1}{4\pi}\right) \cdot \sin \frac{2\pi}{m}} \quad (2.7)$$

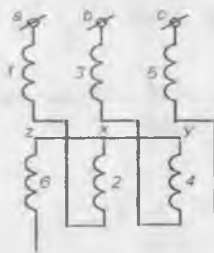
Агар I_0 ва I_2 тоқларни мос равишдаги ўзгартиришларни килиб, ўзаро таққосласак, $I_0 = I_2 / 0,58 = 1,752 I_2$ га эга бўламиз. Диодга кўйиладиган тескари кучланиш бу схемада икки синусоидал кучланишлар фарқи орқали аниқланадиган эгрилик орқали тавсифланади. Бу икки фаза кучланишларининг фарқи чизикли кучланишга тенг бўлганлиги учун тескари кучланишнинг

максимал амплитудаси трансформатор иккиламчи чўлгами чизикли кучланиши амплитудасига тенг бўлади, яъни $U_{\text{тес}} = \sqrt{3} \cdot U_m = U_{\text{Д}} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_2$ тўғриланган кучланиш пульсациясининг частотаси $f_n = m \cdot f_c = 3 \cdot f_c$ бўлади.

Бир тактли схемаларда трансформатор иккиламчи чўлгами хар бир фазаси токи $(1/m) \cdot I_0$ га тенг бўлган ўзгармас ташкил этувчига эга бўлади ва бу ташкил этувчи бирламчи чўлғам токи билан компенсацияланмайдиган Φ_0 магнит окимининг ўзгармас ташкил этувчисини вужудга келтиради. Натижада бундай схемаларда трансформатор магнит ўтказгичида мажбурий магнитланиш бўлади. I_0 ток $F_0 = (I_0/m) \cdot W_0$ магнитлаш кучини ҳосил қилади, магнит окими эса $\Phi_0 = F_0/R_m$, бу ерда R_m магнит окими йўлидаги магнит қаршилиқдир. Бу оқим трансформатор ўзаги бўйлаб туташолмайди, чунки унинг куч чизиклари ўзаро карама-қарши йўналади ва стерженлар атрофида ҳавода туташади. Ҳавонинг R_m магнит қаршилиги катта бўлганлиги учун Φ_0 магнит оқим кам бўлади. Лекин, одатда трансформатор магнит ўтказувчан қолип билан ўралади ёки унинг яқинида металл (магнит ўтказувчан) бўлса, у ҳолда Φ_0 магнит окими сезиларли бўлиши мумкин ва трансформатор нормал иш режимини бузиши мумкин.

Бундан ташқари, тўғрилагич юклармаси ўзгарганда иккиламчи чўлғамлардаги ток ўзгаради ва бунга мос равишда мажбурий магнитланиш интенсивлиги ўзгаради. Бу бир фазали бир тактли тўғрилаш схемаларида кўпроқ сезиларли бўлади, бунда ток паст частотада пульсланиб пульсланувчан Φ_0 магнит окимини вужудга келтиради. Бу оқимлар магнит ўтказгичларни кўшимча юклар уларда кўшимча йўқотишларни келтириб чиқаришидан ташқари, пульсланувчан тарқалиш магнит майдонини ҳосил қилади ва бу майдон яқинда ишлаётган бошқа қурилмалар ишига ҳам ҳалакат беради. Бу ўрта ва катта қувватли тўғрилагичлар ишида муҳим ҳисобланади.

Мажбурий магнитланиш билан қурашида магнит ўтказгич стерженларида чўлғамларни рационал жойлаштирилади, яъни чўлғамлар “зиг-заг” схемада уланади (2.9-расм).



2.9-расм. Чўлғамларни “зиг-заг” схемада уланиши

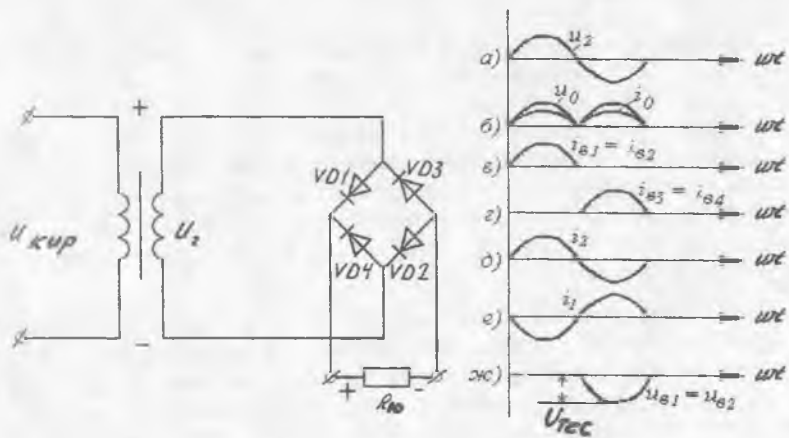
Бунинг учун хар бир фазанинг иккиламчи чўлғамлари иккита ғалтаклардан иборат бўлади, бу ғалтаклар турчи стерженларга

жойлаштирилади ва кетма-кет карама-қарши йўналишда уланади. Бунда чўлғамнинг ҳар бир ярим карама-қарши йўналган ва бир-бирларини компенциялайдиган магнит оқимларини ҳосил бўлади, шунинг учун трансформаторнинг мажбурий магнитланиши кескин камаяди ёки умуман бўлмайди. Ёки шундай тўғрилаш схемаси танланадики, танланган схема мажбурий магнитланишни келтириб чиқармайди.

2.1.4. Икки тактли тўғрилаш схемалари

Кўприксимон тўғрилаш схемаси

Схемада битта ярим давр мобайнида тўғрилган ток VD1 диод, $R_{\text{ю}}$ юклама, VD3 диод орқали трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига оқиб ўтади (2.10-расм). Тескари кутбда ток VD2 диод, $R_{\text{ю}}$ юклама, VD4 диод орқали трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига оқиб ўтади. Яъни, ток юклама ва трансформатор иккиламчи чўлғами орқали бутун давр мобайнида оқиб ўтади.



2.10-расм. Кўприксимон тўғрилаш схемаси ва унинг вақт диаграммалари

$R_{\text{ю}}$ юкламадан оқиб ўтадиган $I_{\text{ю}}$ юклама тоқининг ўзгармас ташкил этувчиси ($I_{\text{м}} = U_{\text{м}}/R_{\text{ю}}$ бўлганида) қўйидагича тенг бўлади:

$$I_{\text{ю}} = \left(\frac{m}{\pi}\right) I_{\text{м}} \sin \frac{\pi}{m} = I_{\text{м}} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{R_{\text{ю}}\pi} = 0,9 \frac{U_2}{R_{\text{ю}}}; \quad (2.8)$$

$$U_0 = 2\sqrt{2} \frac{U_2}{\pi}; \quad (2.9)$$

ъъни, бир фазали бир тактли схемадагидан 2 марта катта бўлади. Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан ток бутун давр мобайнида оқиб ўтади, у холда унинг таъсир этувчи қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \int (I_m)^2 \sin^2 \omega t \, d\omega t = I_m \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (2.10)$$

у холда, I_0 ва I_2 тоқларни таккослаб, қуйидагини оламиз:

$$I_0 = \left(\frac{2}{\pi}\right) \sqrt{2} \cdot I_2 = 0,9 \cdot I_2 \quad (2.11)$$

Ҳар бир ярим даврда иккита диод ишлагани учун ҳар бир кетма-кет уланган диодлардан оқиб ўтадиган токнинг таъсир этувчи қиймати $I_{vd} = I_2/2$ бўлади. Бу схема учун $m=2$, $f_{т,к} = 2f_r$ бўлади, диодлар иккиламчи чўлғамга параллел улангани учун ёпик диодлардаги тесқари қучланиш эса $U_{тес} = U_m = \sqrt{2} U_2$ бўлади.

Трансформатор иккиламчи занжиридан нолинчи чиқиш чиқарилган икки тактли тўғрилаш схемаси

Бу схемани бошқача қилиб икки фазали бир тактли схема дейилади, чунки тўғриланган токнинг бир даври мобайнида трансформаторнинг иккиламчи ҳар бир ярим чўлғамларидан битта ток импульси оқиб ўтади, лекин, одатда ўзгарувчан ток техникасида икки фазали ток, унинг генерациялашни қийинлиги ва икки фазали ток тармоғининг йўқлиги учун биринчи ном қўлланилади (2.11-расм).

Бу схемада иккиламчи чўлғамнинг ҳар иккала яримлари тўғрилагич ишида навбатма-навбат иштирок этади. Биринчи ярим даврда ток VD1 диод, $R_{ю}$ юклама ва трансформатор ярим чўлғами, иккинчи ярим даврда эса VD2 диод, $R_{ю}$ юклама ва трансформатор бошқа ярим чўлғами орқали оқиб ўтади. Юкламадан бутун давр мобайнида бир қутбли ток оқиб ўтади (2.11-расм).

Бу схемада юкламадаги қучланишнинг ўзгармас ташқил этувчиси қуйидагига тенг бўлади:

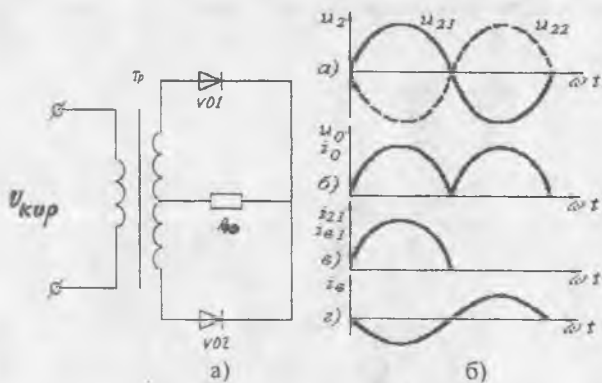
$$U_0 = \frac{m}{\pi} U_m \sin\left(\frac{\pi}{m}\right) = 2\sqrt{2} \frac{U_2}{\pi} \quad (2.12)$$

$m=2$, $U_2 = U'_2 = U''_2$, у холда

$$I_0 = U_0 / R_{ю} = 0,9 U_2 / R_{ю} \quad (2.13)$$

Трансформаторнинг иккиламчи ҳар бир ярим чўлғами тоқининг таъсир этувчи қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$I_2 = \frac{I_m}{2} + \sin\left(\frac{2\pi}{m}\right) = \frac{I_m}{2} = 1,28 \cdot I_0 \quad (2.14)$$



2.11-расм. Трансформатор иккиламчи занжирдан нолинчи чиқиш чиқарилган икки тактли тўғрилаш схемаси ва унинг вақт диаграммалари

Юкламадаги пульсациялар частотаси $f_{т.к.п} = 2f_{тар}$. Ёпик вентиль трансформатор иккиламчи чўлғамлари учлари орасидаги потенциаллар фаркига тенг бўлган тескари кучланиш таъсири остида бўлади. Потенциаллар фаркининг максимал қиймати битта иккиламчи ярим чўлғамдаги кучланишнинг иккиланган амплитудавий қийматига тенг бўлади:

$$U_{ТЭС} = 2U_m = 2\sqrt{2} U_2 \quad (2.15)$$

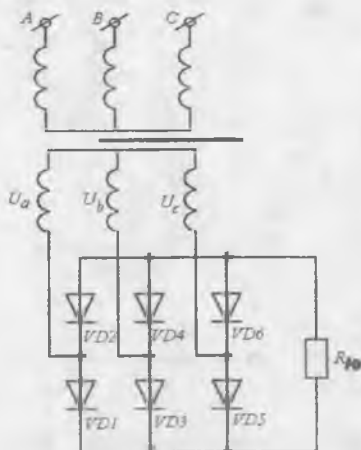
Демак, бу схемада ёпик вентилдаги тескари кучланиш кўприксимон схемадагига нисбатан икки марта катта бўлади.

Уч фазали икки тактли схема (Ларионов схемаси)

Бунда трансформаторнинг иккиламчи чўлғамини юлдуз ёки учбурчак схемада улаш мумкин, лекин у кўпинча юлдуз схемада уланади, чунки бунда тўғриланган кучланишнинг ярмини олиш учун нолинчи нуктадан фойдаланиш имконияти бор (2.12-расм).

Трансформатор чўлғамларининг ҳар бир фазаси бир вентилнинг анодига ва иккинчи вентилнинг катодига уланади. Учта вентиль (1, 3, 5) анодлари билан ўзаро умумий нуктага уланади ва чиқишда (-) қутб бўладиган анод гуруҳини ташкил қилади, бошқа учта вентиллар эса, чиқишда (+) қутб бўладиган катод гуруҳини ташкил қилади.

Анод гурухи катоида энг катта манфий потенциал бўлган вентиль, катод гурухи эса анодида энг катта мусбат потенциал бўлган вентиль очик бўлади. Исталган вақт momentiда ток икки кетма-кет уланган вентиль, юклама қаршилиги ва икки фазалар қўлғамларидан оқиб ўтади.



2.12–расм. Уч фазали икки тактли схема (Ларионов схемаси)

Хар бир вентиллар жуфтлиги даврнинг $1/6$ қисмда ишлайди. Фазаларни қоплаш тартиби қайси вентиллар жуфтлигидан ток оқиб ўтишини аниқлайди. Агар бу тартибни ўзгартирилса, у ҳолда кетма-кет уланган вентиллар тартиби ўзгаради. Тўғриланган токнинг хар бир даврида трансформаторнинг хар бир фазаси орқали $1/3T$ мобайнида мусбат қутбли иккита ток импульси (хар бир импульс $T/6$ узунликда) ва ўша узунликдаги манфий қутбли иккита ток импульси оқиб ўтади (2.13–расм).

Шундай қилиб, трансформаторнинг хар бир фазаси даврнинг $2T/3$ қисми мобайнида, хар бир вентиль эса даврнинг $T/3$ қисми мобайнида ишлайди. Тўғрилагич чиқишидаги қучланиш (бу схема учун $m=6$) қучланишлар олти та тактларини тўғрилашда олинган оғмага, унинг қиймати эса бу фазалардаги вентилларнинг очилиш даврларидаги икки фазалар орасидаги қизикли қучланишнинг оний қийматига тенг бўлади.

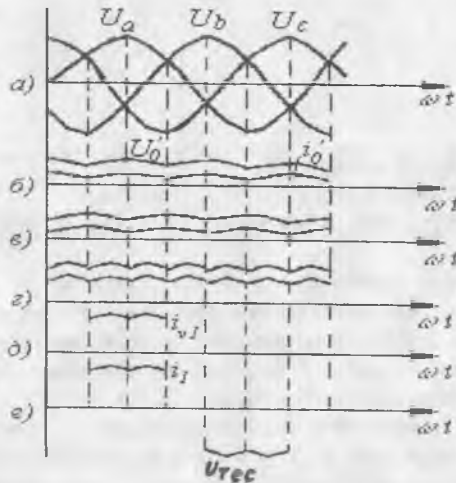
Тўғриланган қучланишнинг ўзгармас ташкил этувчисининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$U_0 = (m/\pi) \cdot \sqrt{2} U_2 \cdot \sin(\pi/m) = (6/\pi) \cdot U_2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\pi/6) = 2,34 \cdot U_2 \quad (2.16)$$

Тўғриланган токнинг ўзгармас ташкил этувчисининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_0 = 1,22 \cdot I_2, \quad (2.17)$$

бу ерда, I_2 – трансформатор хар бир фазаси токининг таъсир этувчи киймати. Тўғриланган кучланиш ва ток пульсациясинининг частотаси $f_{\text{т.к.ч}} = 6f_{\text{тар}}$.



2.13–расм. Уч фазали икки тактли схеманинг вақт диаграммалари
Хар бир вентилдаги тескари кучланиш куйидагича бўлади:

$$U_{\text{тес}} = 2,457 \cdot U_2. \quad (2.18)$$

2.1.5. Тўғрилаш схемаларини нисбий баҳолаш

Тўғрилагичлар учун юкламада сарф бўладиган $P_0 = U_0 I_0$ ўзгармас ток қуввати кийматини билиш муҳим. Лекин, тўғрилагич тармоқдан истеъмол қиладиган ўша P_0 қувват, тўғрилагич схемасига боғлиқ бўлади. Шунинг учун биз трансформатордан фойдаланиш коэффицентлари $K_{\text{ТР}}$, трансформатор бирламчи ва иккиламчи чўлғамларидан фойдаланиш коэффицентлари K_1 ва K_2 хақида гапиримиз, чунки улар тўғрилагичнинг иқтисодий ва энергетик кўрсаткичларини аниқлайди.

$$K_{\text{ТР}} = P_0 / S_{\text{ТР}}, \quad S_{\text{ТР}} = S_1 + S_2, \quad (2.19)$$

$$K_1 = P_0 / S_1, \quad S_1 = n_1 U_1 I_1, \quad (2.20)$$

$$K_2 = P_0 / S_2, \quad S_2 = n_2 U_2 I_2, \quad (2.21)$$

r_1 p_2 га тенг эмас, у холда бу коэффициентлар кучли фарк килади. Таккослаш учун бу коэффициентларни турли тўғрилаш схемалари учун кўриб чиқамиз (2.1-жадвал).

2.1-жадвал

Тўғрилаш схемаси	K_1	K_2	$K_{Тр}$
1-тактли:			
1- фазали	0.37	0.29	0.33
3- фазали	0.83	0.67	0.75
2х фазали	0.83	0.57	0.68
2- тактли:			
1-фазали (ўрта нуктали)	0.83	0.57	0.68
1-фазали кўприксимон	0.83	0.83	0.83
3-фазали кўприксимон (Ларионов)	0.95	0.95	0.95

Таккослашлардан кўриниб турибдики, бир тактли тўғрилагичларда трансформаторнинг иккиламчи чўлгами бирламчи чўлғамга караганда ёмон ишлатилади, чунки бу трансформаторларда ўзакнинг мажбурий магнитланиши мавжуд. Бундан ташқари, агар $p_2 > p_1$ бўлса, бу ҳам иккиламчи чўлғамлардан фойдаланишни ёмонлаштиради. Кўприксимон схемаларда ўзакнинг мажбурий магнитланиши йўқ, шунинг учун трансформатордан ва унинг чўлғамларидан фойдаланиш коэффициентлари бир хил. Бундан ташқари, кўприксимон икки тактли схемаларда вентилга қўйиладиган тесқари кучланиш икки марта кичик бўлади. Лекин, уларнинг камчилиги кўп вентиллар сонида фойдаланишдир.

Тўғрилаш қурилмаси схемасини танлашда унинг эксплуатацион хусусиятлари ва унга характерли бўлган тоқлар, кучланишлар, қувватлар миқдорий муносабатлари ҳисобга олинади, чунки улар бутун қурилманинг нарҳини, ҳажмини ва оғирлигини белгилайди.

Турли схемаларни нисбий баҳолаш барча схемалар учун бир хил шароитларда олиб борилади. Шунгача биз тўғрилагични йўқотишларсиз ва актив юкламада кўриб чиқдик, тўғрилаш схемаларнида юкламанинг бошқа турларида ток ва кучланишлар муносабатлари ўзгаради.

Тўғрилаш схемаларининг қўлланилиш соҳалари рухсат этиладиган пульсациялар коэффициентлари, вентиллар сони ва трансформатордан қанчалик яхши фойдаланиш орқали аниқланади.

Бир фазали бир тактли схема соддарок, юкламада катта пульсация коэффициентлари рухсат этилса 15 Вт гача чиқиш қувватларида қўлланилади. Унинг афзаллиги оддийлиги, элементларнинг камлиги ва трансформаторсиз ишлаш имконияти ҳисобланади. Камчиликлари эса $\xi_{x,x}$ пульсация частотасининг кичиклиги ва K_{Π} пульсация коэффициентининг катталиги ҳисобланади.

Бир фазали кўприксимон схема тўғриланадиган кучланиш нисбатан катта бўлмаган ва юклама токи эса катта бўлган ҳолларда 300 Втгача қувватларда қўлланилади. Унинг афзалликларига пульсацияларнинг оширилган частотаси, трансформатордан яхши фойдаланиш, трансформаторсиз ишлаш имконияти,

камчиликларга эса диодлар сонини кўплиги (чунки бунда кетма-кет уланган диодларда кучланишнинг пасайиши ортади) киради.

Бир фазали икки тактли ўрта нуктали схема кичик юклама тоқларида ва юқори тўғриланадиган кучланишларда (кўприксимон схемага қараганда U_2 кучланишнинг бир хил қийматларида у 2 марта катта бўлади), лекин кичик қувватларда (50 Вт гача) қўлланилади. Бу тўғрилаш схемасининг авфзалликларига диодлар сонининг камлиги, пульсацияларнинг оширилган частотаси, юқори тўғрилаш кучланиши киради. Схеманинг камчиликларига трансформатордан ёмон фойдаланиш, унинг тузилишининг мураккаблиги, диоддаги юқори тескари кучланиш киради.

Ўзгармас тоқнинг етарлича катта қийматларида кўп фазали тўғрилаш схемалардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Ўртача қувватли тўғрилагичларда асосан уч фазали икки тактли Миткевич схемаси қўлланилади. Унинг афзаллиги пульсацияларнинг кичик қиймати ва катта частотаси, очик диодда кучланишни пасайишининг кичиклиги киради, шунинг учун бу схема кичик кучланишларни тўғрилашда қўлланилади. Камчиликларига эса трансформатордан ёмон фойдаланиш, трансформатор ўзагида мажбурий магнитланиш мавжудлиги, диоддаги катта тескари кучланиш киради. Ўзгармас тоқнинг катта қувватларда уч фазали икки тактли Ларионов схемаси қўлланилади. Унинг афзалликларига трансформатордан яхши фойдаланиш, трансформаторда мажбурий магнитланиш йўқлиги ва трансформатор чўлғамларини исталган схемада улаш имкониятининг борлиги киради. Камчиликларига эса диодлар сони кўплигини киритиш мумкин.

Мураккаброк тўғрилаш схемалари жуда кам қўлланилади, чунки бунда уларнинг чиқиш параметрлари сезиларли яхшиланмайди, харажат эса кўп талаб қилинади.

2.2. Силликловчи филтрлар

Турли ўзгарувчан тоқни тўғрилаш схемаларини ўрганишда маълум бўлдики, тўғриланган кучланишнинг оний қиймати ўзгармас эмас, балки Фурье катори орқали аниқланади. У ўзгармас ташкил этувчидан ва ўзгарувчан гармоникалар йиғиндисидан иборат бўлади. Ўзгарувчан гармоникаларнинг $f_n = m f_r$ частотали биринчи гармоникаси энг катта қийматига эга бўлади. У ҳолда биз тўғриланган кучланишнинг пульсация коэффицентини аниқлаймиз:

$$K_{\text{пк}} = \frac{2}{(km)^2 - 1} = \frac{U}{U_0} \quad (2.22)$$

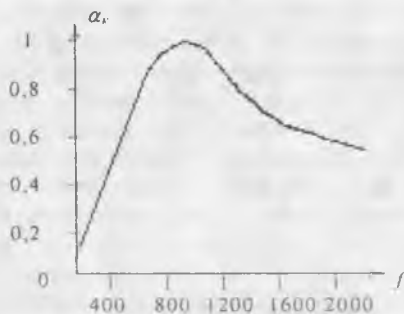
бу ерда k -гармоника номери.

Пульсация коэффицентини тоқ учун ҳам аниқлаш мумкин: $K_{\text{пк}} = I/I_0$. Актив юкламада $K_{\text{пк}} = K_{\text{пк}}$, комплекс юкламада эса $K_{\text{пк}} \neq K_{\text{пк}}$, бўлади. Кўпинча юклама таъминот кучланиши пульсация коэффицентини тўғрилагич чиқишидаги пульсация коэффицентидан кичик бўлишини талаб қилади. Бунда

пульсацияни камайтириш учун тўғрилагич чиқишига силлиқловчи филтёр қўйилади.

Лекин шундай занжирлар борки, уларда ҳалакитлар фақат амплитуда орқали эмас, кучланиш ички гармоникалари орқали ҳам пайдо бўлиши мумкин, турли частотали тебранишларга турлича сезгирликка эга бўлади. Инсон 20Гц...20кГц частоталар диапазонидаги товушларни эшита олади, сигналлар қувватлари бир хил бўлганида 600 дан 2000 Гц ўрта частоталардаги товушлар каттиқроқ эшитилади.

Шунинг учун, микротелефон занжирлари ва инсон кулоғини ҳисобга олганда турли частотали гармоникалар таъсирини аниқлайдиган α_k ҳалакитлар параметрик коэффициенти тушунчаси киритилади (2.14-расм). У экспериментал аниқланади ва 800 Гц частотали гармоникада 1 га тенг бўлади.



2.14-расм. α_k ҳалакитлар параметрик коэффициенти α_k нинг частотага боғлиқлиги

Бошқа частотали гармоникаларнинг нисбий таъсири α_k коэффицент кийматлари орқали характерланади.

Силлиқловчи филтёрнинг пульсацияни камайтириш қобилияти филтёр киришидаги (тўғрилагич чиқишидаги) пульсацияни, унинг чиқишидаги (юкламадаги) пульсация коэффицентига нисбатига тенг бўлган силлиқлаш коэффицентини орқали баҳоланади.

$$K_c = \frac{K_{\text{п кир}}}{K_{\text{п чик}}} = \frac{U_{01m}/U_0}{U_{ю1m}/U_{ю}} \quad (2.23)$$

бу ерда U_{01m} ; $U_{ю1m}$ —ўзгарувчан ташкил этувчининг асосий (биринчи) гармоникасининг филтёр кириши ва чиқишидаги амплитудалари; U_0 ; $U_{ю}$ —филтёр кириши ва чиқишидаги кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчилари.

Филтёрларга зарур силлиқлаш коэффицентини таъминлашдан ташқари, яна бир катор талаблар қўйилади. Филтёр орқали бутун юклама токи оқиб ўтади, унда кучланиш ва токни ўзгармас ташкил этувчиларининг бир қисми тушади. Бу тушувни камайтириш учун филтёр одатда кичик актив

йўқотишларга эга бўлган L ва C реактив элементлар турли комбинацияларидан ташкил топади. Факат юкламанинг жуда кичик қувватларда филтлда L дроссельнинг ўрнига R резистор қўйилади.

Филтларга қуйидаги талаблар қўйилади:

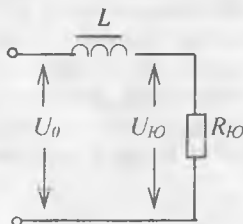
- 1) кучланишнинг ўзгармас ташкил этувчиси минимал бўлиши керак;
- 2) $R_{\text{ю}}$ юклама қаршилиги кескин ўзгарганида юкламадаги токнинг шаклини ўзгармаслиги (филтнинг реактив элементлари кучланиш ва токнинг кескин ўзгаришига тўсқинлик қилиши ҳисобига);
- 3) ўтиш жараёнларида токнинг кескин ўзгариши ва ортиқча кучланиш бўлмаслиги;
- 4) юкори ишонччилик;
- 5) филтнинг ўз тебранишларининг частотаси тўғриланган кучланиш ва ток ўзгарувчан ташкил этувчилари частотасидан кичик бўлиши.

Филтларнинг C , L , LC (Γ -симон), C LC (Π -симон), кўп звеноли LC ва RC , резонансли, транзисторли ва микросхемали турдаги схемалари мавжуд.

Реактив элементларда силлиқловчи филтларни куриш услублари қуйидагича: юклама занжирга кетма-кет равишда токнинг ўзгаришларига катта қаршилиқка, токнинг ўзгармас ташкил этувчисига кичик қаршилиқка эга бўлган элемент уланади (масалан, ўзгарувчан реактив галтак, паралелл резонанс контур), юклагага паралелл равишда эса токнинг ўзгаришларига кичик қаршилиқка, токнинг ўзгармас ташкил этувчисига катта қаршилиқка эга бўлган элемент қўйилади (масалан, конденсатор, кетма-кет резонансли контур). Бу филтларнинг ишлаш принциплари реактив элементларнинг электр энергиясини йиғиш ва ўзгариш қобилятларига мослангандир.

2.2.1. Филтларнинг силлиқлаш хусусияти

Индуктивли филт юклагага кетма-кет уланган L дросселдан иборат (2.15-расм). Дросселни силлиқлаш хоссаси тўғриланган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг ўзгаришларига тўсқинлик қилувчи ундаги ўзиндукция ЭЮКларини вужудга келишига асослангандир.



2.15-расм. Индуктивли филт

Дросселнинг $X_L = \omega_n L$ қаршилиги токнинг ўзгармас ташкил этувчиси учун нолга тенг (бу ерда $\omega_n = 2\pi f_n = 2\pi m f_c = m \omega_c$), токнинг ўзгарувчан ташкил

этувчиси учун эса нолга тенг эмас ва дроссель каршилигида кучланишни ўзгарувчан ташкил этувчисини пасайишига эга бўламиз. Пульсацияларни яхши силликлаш учун дросселни индуктив каршилиги $R_{ю}$ юклама каршилигидан кўп мартага катта бўлиши керак (яъни $X_1 \ll \omega_n L \gg R_{ю}$), у ҳолда бундай фильтрнинг силликлаш коэффициентни куйидагига тенг бўлади:

$$K_C = \frac{K_{П.КИР}}{K_{П.ЧИК}} \approx \frac{\sqrt{R_{ю}^2 + (m\omega_c L)^2}}{R_{ю}} \quad (2.24)$$

Бунда фильтрнинг актив каршилигини эътиборга олмаймиз ($R_{ар} = 0$).

Одатда тўғрилаш схемасини ва юкламада рухсат этиладиган пульсация коэффициентини билган ҳолда K_C силликлаш коэффициентини осон аниклаш мумкин. Фильтр дросселнинг зарур индуктивлиги куйидаги формуладан аникланади:

$$L \approx \frac{R_{ю}}{m\omega_c} \sqrt{K_C^2 - 1} \quad (2.25)$$

Индуктивли фильтрларни катта куввати кўп фазали тўғрилагичларда ва унча катта бўлмаган $R_{ю}$ юклама каршиликларида қўллаш мумкин, бунда фильтр индуктивлиги кичик габаритга эга бўлади ва ундаги актив йўқотишларни эътиборга олмаслик мумкин.

Индуктивли фильтрлар куйидаги камчиликларга эга:

1) юклама токи кескин ўзгарганида дросселда катта ўзиндукция ЭЮКи вужудга келади, бу дроссель чўлғамларида изоляцияланган учун хавфли бўлган ортикча кучланишни келтириб чиқаради.

2) юклама токи ўзгарганида бундай фильтрнинг силликлаш принципи ўзгаради, чунки (2.25) формулага мувофиқ дроссель индуктивлиги $R_{ю}$ юклама каршилигига боғлиқ.

Афзалликлари эса, оддийлиги, кичик кувват йўқотишлари ва кучланишнинг чиқишида кам ўзгаришидан иборат.

Сиғимли фильтрнинг ишлаш принципи куйидагича. Тўғрилагичда кучланиш ортганида конденсатор электр энергияни йиғади, тўғрилагичдаги кучланиш камайганда эса конденсаторда йиғилган энергия юклама орқали зарядланади (2.16–расм). Пульсацияни аниклашни таъминлаш учун конденсаторнинг сиғим каршилиги юклама каршилигидан сезиларли кичик бўлиши керак.

$$X_C = 1 / (\omega_c C) \ll R_{ю} \quad (2.26)$$

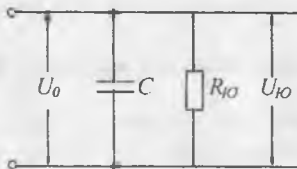
У ҳолда конденсатор юкломани шунтлагандек бўлади, шунинг учун токнинг ўзгарувчан ташкил этувчисининг катта қисми конденсатордан оқиб ўтади, бунда ўзгармас ташкил этувчи учун конденсаторнинг каршилиги $X_C = \infty$

булади ва ўзгармас ташкил этувчи юклама оркали оқиб ўтади. Тўғрилагич сиғим филтрга ишлаганда кучланишни ўзгарувчан ташкил этувчисининг амплитудаси θ кесиш бурчагига боғлиқ булади, у холда

$$U_{01m}^{\circ} = \frac{U_0 \cdot H}{r_{\Phi} C} \quad (2.27)$$

бу ерда H - маълум кийматда $H=f(A)$ график боғлиқликдан аниқланадиган ва θ кесиш бурчагига боғлиқ бўлган параметр. У холда C -филтър чиқишидаги пульсация коэффиценти куйидагича кўринишда булади:

$$K_{\text{п.чик}} = \frac{U_{01m}}{U_0} = \frac{H}{r_{\Phi} \cdot C} \quad (2.28)$$



2.16-расм. Сиғимли филтър

Сиғим бўлганида тўғрилагич чиқишида пульсация коэффиценти куйидагига тенг булади:

$$K_{\text{п.кир}} = 2 / (m^2 - 1) \quad (2.29)$$

У холда сиғим филтърнинг аниқлаш коэффиценти куйидагига тенг булади:

$$K_C = \frac{2 / (m^2 - 1)}{H / (r_{\Phi} \cdot C)} \quad (2.30)$$

Одатда юкламадаги пульсация коэффиценти аниқ булади, бунда сиғим филтър зарур сиғими куйидаги формуладан аниқланади:

$$C = H / (r_{\Phi} \cdot K_{\text{п.чик}}) \quad (2.31)$$

(2.24) ва (2.30) формулалардан кўринадики, m нинг ортиши билан индуктив филтърнинг силликлаш коэффиценти ортади, сиғим филтърнинг силликлаш коэффиценти эса камаяди, шунинг учун сиғим филтърлар бир

фазали тоқларни тўғрилашда ва катта юклама қаршиликларда қўлланилади, чунки R юклама қаршилиги ортганда фильтрнинг силликлаши ортади.

Сигимли фильтрнинг афзалликлари оддийлиги ва кичик қувват йўқотишлари ҳисобланади.

Сигимли фильтри қуйидаги камчиликларга эга:

- 1) сигимли фильтр тўғрилагич диодларига қўйиладиган тескари кучланишни ортишига олиб келади;
- 2) юклама токи катта бўлганида фильтрга катта сигим керак бўлади, акс ҳолда юкламадаги кучланиш конденсаторнинг тез зарядсизланишидан келиб чиқадиган юклама токининг ортиши билан кескин камайиб кетади;
- 3) кўп фазали тўғрилаш схемаларида бундай фильтр қўйилса, кесиш бурчаги кескин камайиб кетади ва фазани ўтказиб юборилиши мумкин, яъни тўғрилагич диодларидан бири токни ўтказмайди;
- 4) конденсаторнинг зарядланиш токи катта ва тўғрилагич орқали оқиб ўтади, бунда диод токи кесиш бурчаги кучли камаяди;
- 5) тўғрилагич диодлари орқали фақат тўғрилагич кичик ички қаршилиги орқали чегараланадиган катта ток амплитудаси ўтади.

2.2.2. Бир звеноли Г-симон LC филтрлар

У дроссель ҳамда конденсатордан иборат бўлади. Бундай филтр сезиларли катта силликлаш коэффициентини таъминлайди (2.17–расм). Бунда бирламчи гармоника учун қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$X_{C1} = 1/(m \cdot \omega_C \cdot C) \ll R_{\text{ю}} \ll \omega_C \cdot L = X_{L1} \quad (2.32)$$

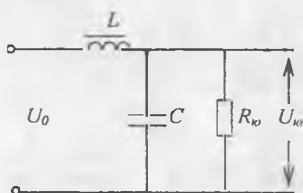
у ҳолда ҳар бир элемент алоҳида қўлланилгандан кўра биргаликда қўлланилса яхшироқ бўлади.

Бу шартни бажарилишида тўғриланган кучланиш ўзгарувчан ташкил этувчиси учун занжирнинг умумий қаршилиги кучли камаяди, шунинг учун дроссель орқали оқиб ўтадиган тўғриланган токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси ортади, ундаги кучланишнинг пасайиши ортади, демак, юкламада кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси сезиларли камаяди (L ва C элементлар алоҳида қўлланилгандагига нисбатан таққосланганда). Бу ҳолда дроссель актив қаршилигини эътиборга олмаганда, $U_0 = U_{\text{ю}}$ деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда Г-симон филтрнинг силликлаш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади.

$$K_C = U_{01m} / U_{\text{H1m}} = (m \cdot \omega_C)^2 \cdot L \cdot C - 1 \quad (2.33)$$

Агар $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ эканлигини ҳисобга олсак, у ҳолда қуйидагига эга бўламиз.

$$K_C = (m \cdot \omega_C / \omega_0)^2 - 1 \quad (2.34)$$



2.17–расм. Бир звенولي Г-симон LC-фильтр

Агар силликлaш коэффициенти маълум бўлса, куйидагига эга бўламиз:

$$LC = (K_C + 1) = (m \cdot \omega_C)^2 \quad (2.35)$$

Кўпинча филтрга тўғрилагичга индуктив реакция килиш талаби кўйилади, шунинг учун у индуктивликдан бошланади. Индуктивликнинг киймати куйидаги шартни қаноатлантириши керак бўлади:

$$L \geq \frac{2 \cdot R_{Ю} - 2 \cdot U_{Ю}}{(m^2 - 1) \cdot m \cdot \omega_C \cdot (m^2 - 1) \cdot m \cdot \omega_C \cdot I_0} \quad (2.36)$$

L ни аниқлаб C ни топиш мумкин. Умумий ҳолда L ва C нинг кийматларини юклама характерига боғлиқ равишда турли услубларда аниқлаш мумкин. Амалда L ва C ларни танлаш шартлари тежамкорлик шартлари, резонанс жараёнларни йўқлиги ва ўтиш жараёнларини тўғрилагич нормал иш режимига камрок таъсири орқали чегараланади. Индуктивликдан бошланадиган LC филтёрлар кўпинча қувватли диодларда ишлаш учун қўлланилади.

2.2.3. Бир звенولي П-симон LC-фильтрлар

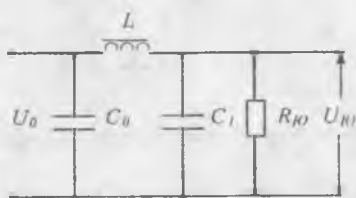
П-симон LC филтёрни C_0 сизгим филтёрдан ва L, C_1 элементлардан иборат Г-симон филтёрлардан ташкил топган икки звенولي филтёр кўринишда тасвирлаш мумкин (2.18–расм).

Бундай филтёрнинг силликлaш принципи ҳар иккала звеноларнинг биргаликдаги ишлаш тарзида тушунтириш мумкин ва унинг силликлaш коэффициентини ҳар иккала звеноларнинг силликлaш коэффициентларининг кўпайтмасига тенг, яъни

$$K_{СП} = K_{CC0} \cdot K_{C1} \quad (2.37)$$

ёки K_{CC0} ва K_{C1} кийматларини кўйсак, куйидагига эга бўламиз:

$$K_{\text{СП}} = \frac{2r_{\phi}C_0}{H(m^2-1)} \cdot (L_1 C_1 m^2 \omega C^2 - 1) \quad (2.38)$$



2.18–расм. Бир звеноли П-симон LC-филтр

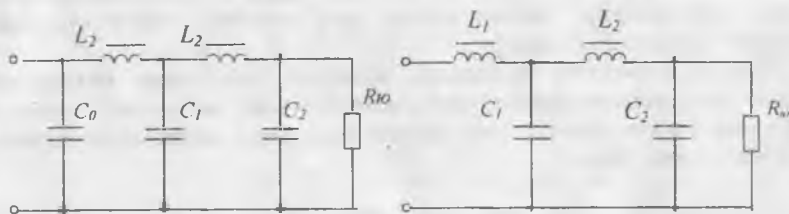
Одатда П-симон филтрларни ҳисоблашда C_0 конденсаторни m , r_{ϕ} , H ва $K_{\text{п.чик}}$ параметрларни билган ҳолда ҳисоблаш мумкин. Кейинги $K_{\text{сc0}}$ ва $K_{\text{сr}}$ лар маълум бўлгани учун (2.38) формуладан LC_1 параметрларни аниқлашга қаратилади:

$$LC_1 = \frac{K_{\text{СП}} H (m^2 - 1)}{2r_{\phi} C_0 (m\omega C)^2} + \frac{1}{(m\omega C)^2} \quad (2.39)$$

П-симон филтрнинг энг катта силликлash коэффициенти $C_0 = C_1$ бўлганда олинади.

2.2.4. Кўп звеноли LC-филтрлар

Пульсацияларни яхши силликлash талаб қилинганда кўп звеноли LC филтрлар қўлланилади. Улар бир нечта кетма-кет уланган Г-симон звенолардан иборат бўлиб, Г-симон каби индуктивликдан, П-симон филтр каби сизимдан бошланиш мумкин (2.19–расм).



2.19–расм. Кўп звеноли филтрлар

Бундай филтр силликлash коэффициенти алоҳида звенолар силликлash коэффициентлари кўпайтмасига тенг, яъни

$$K_C = K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot \dots \cdot K_{Cn} \quad (2.40)$$

бу ерда n -фильтр звеноларинг сони.

C_0 сиғимни тўғрилагични ҳисоблашдан топиш мумкин, у холда алоҳида звенолар силликлаш коэффициентлари қуйидагича аникланади:

$$K_{CT1} = (m\omega_C)^2 L_1 C_1, K_{CT2} = (m\omega_C)^2 L_2 C_2 \quad (2.41)$$

Алоҳида кўп звеноли фильтрларда звенолар бир хил силликлаш коэффициентларига эга бўлиш қулай, яъни $K_{C1} = K_{C2} = \dots = K_{Cn}$, у холда бутун филтрнинг силликлаш коэффициенти қуйидагича тенг бўлади $K_{C1} = K_{Cn}$ барча звенолар бир хил L ва C элементлардан ташкил топгани учун (яъни $L_1 = L_2 = \dots = L_n$ ва $C_1 = C_2 = \dots = C_n$) қуйидагини ёзиш мумкин:

$$K_C = (m\omega_C)^{2n} (L_{3B} C_{3B})^n = K_{C3B}^n \quad (2.42)$$

бу ерда K_{C3B} – биринчи звенонинг силликлаш коэффициенти.

Бундан қуйидагича эга бўламиз:

$$L_{3B} C_{3B} = \sqrt[n]{\frac{K_C}{(m \cdot \omega_C)^2}} \quad (2.43)$$

$L_{3B} C_{3B}$ кўпайтма аниклангандан сўнг филтрнинг ω_0 ўз частотасини тўғриланган кучланиш асосий гармоникаси ω частотаси билан таққослаш керак. Резонанс бўлмаслиги учун филтрнинг ўз частотаси $\omega_0 \leq 0,5\pi$ -w шартга риоя қилиши керак, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ бўлганлиги учун $LC \geq 4/(m \cdot \omega)^2$ га эга бўламиз, бу (2.35) формулага мувофиқ $K_C \geq 3$ бўлса бажарилади.

Юклама ўзгармас бўлганида $\omega = \omega_c$, импульсли юкламада $\omega = \omega_n$ бўлади, бу ерда ω_n – юклама импульслари частотаси. У холда қуйидаги муносабат

$$K = \omega_n / \omega_C \quad (2.44)$$

Кўриб чиқилади ва резонанснинг бўлмаслиги шартини қуйидагича ёзилади:

$$\omega_0 \leq 0,5 \cdot \omega_n = 0,5 \cdot K \omega_C \quad (2.45)$$

Ушбу шарт $K_C \geq (2m/K)^2 - 1$ бўлса бажарилади, акс холда LC кўпайтмани ошириш керак бўлади.

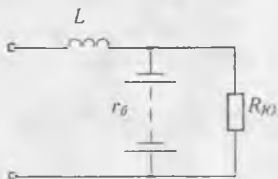
Бундай филтрлар учун L_{3B} индуктивлик ва C_{3B} сиғим қийматлари филтрни индуктив реакциясини таъминлаш шартидан аникланади, яъни L_{3B} (2.36) шартдан аникланади, кейин эса C_{3B} аникланади.

2.2.5. Аккумуляторли Г-симон фильтрлар

Симли алока тизимлари электр таъминоти тизимларида ўзгарувчан ток тармоғи узилса, узлуксиз таъминотни таъминлаш учун тўғрилагичларга параллел равишда аккумулятор батареялари қўйилади (2.20–расм).

Бу батареялар юклама таъминоти учун зарур бўлган кучланишгача зарядланади, шунинг учун тўғрилагич чиқишидаги кучланишнинг ўзгаришларида у ҳам юкламага параллел уланган сиғим сифатида фильтр элементи ҳисобланади.

Батареянинг қаршилиғи $r_6 \ll R_{\text{ю}}$ бўлганлиги учун токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси дросселдан ва аккумулятор батареясидан оқиб ўтади.



2.20–расм. Аккумуляторли Г-симон фильтр

RC-фильтрлар кичик қувватли тўғрилагичларда кичик юклама тоқларда ($I_0 \leq 10 \text{mA}$) ва унча катга бўлмаган K_c силликланган коэффициентларида қўлланилади.

Уларда L индуктивлик R_{ϕ} актив қаршиликли резистор билан алмаштирилади. Бунда фильтрниң оғирлиғи, габаритлари ва таннархи кескин камаяди, лекин унда кучланишнинг пасайиши LC-фильтрга қараганда ортади.

Бундай фильтрниң силликланган коэффициентлари қуйидагига тенг бўлади:

$$K_c = \frac{K_{\text{Пкир}}}{K_{\text{Пчик}}} \approx m \cdot \omega_c \cdot R_{\phi} \cdot C \frac{R_{\text{ю}}}{R_{\text{ю}} + R_{\phi}} \quad (2.46)$$

Бундай фильтр параметрларининг қийматлари маълум K_c да, оптимал ФИКни таъминлаш шартидан келиб чиқиб аниқланади.

Г-симон RC-фильтрлар силликландан ташқари бир вақтда юклама алоҳида занжирлари орасида ажратувчи занжир сифатида хизмат қилади ва бу транзисторлар орасидаги алокани умумий таъминот манбаи орқали тузатади. Улар кўп каскадли транзисторли ва интеграл микросхемали кучайтириш каскадларида кенг қўлланилади.

2.2.6. Резонансли фильтрлар

Резонансли фильтрлар тўғрилланган кучланиш пульсациясининг асосий гармоникасига резонансга созланган $L_K C_K$ контурдан иборат. Тебраниш

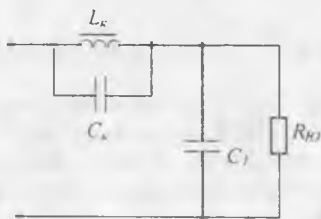
контури кетма-кет, параллел бўлиши мумкин, унинг параметрлари шундай шаклланадики, асосий гармоника учун контурнинг эквивалент қаршилиги жуда катта ва тўғриланган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси деярли тўлиқ холда контурда тушади. Параллел контурли фильтр схемаси 2.21–расмда келтирилган. Бунда контур пульсацияларининг асосий f_n частотаси резонансга созланади, яъни

$$2\pi f_n = \omega_n = \frac{1}{\sqrt{L_k C_k}} \quad (2.47)$$

ва бу частотада кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчисига актив эквивалент қаршилик кўрсатади.

$$R_{эқв} = L_k / (C_k \cdot R_k) \quad (2.48)$$

бу ерда R_k – контурнинг (дроссель чўлғамининг) актив қаршилиги.



2.21–расм. Параллел контурли резонансли фильтрнинг принципал схемаси

Бундай фильтрнинг силликлаш коэффициентлари куйидагига тенг бўлади:

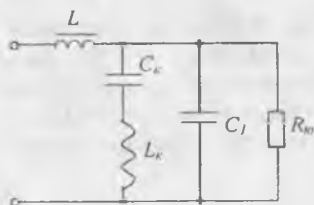
$$K_C \approx m \cdot \omega \cdot C / R_{эқв} \quad (2.49)$$

Бу фильтр резонанс частота пульсацияларини яхши силлиқлайди, қолганларини эса (асосан паст частотали) юкламага ўтказиб юборади. Бундай фильтр юқори частотали занжирларда резонанс частотада ҳалақитларни сўндириш учун ишлатилади.

Кетма-кет резонанс контурли фильтр (2.22–расм) ҳам асосий гармоника пульсация гармоникасига резонансга созланади. У учун резонанс шarti $L_k = 1 / (m \cdot \omega_c)^2 \cdot C_k$ бўлади. Унинг силликлаш коэффициентлари куйидагига тенг бўлади:

$$K_C \approx m \cdot \omega_c \cdot L_k / R_k \quad (2.50)$$

Бунда R_k резонанс частота токнинг ташкил этувчилари учун R_k қаршилик C_1 конденсатор қаршилигидан анча кичик бўлади.



2.22–расм. Кетма-кет резонанс контурли филтърнинг принципиал схемаси.

Бундай филтър резонанс частотали ва C_1 конденсаторнинг қаршилиги кичик бўладиган юқорирок частотали пульсацияларни яхши силлиқлайди. Резонанс филтърларнинг камчиликлари шундан иборатки, улар фақат резонанс частотали ташкил этувчини яхши силлиқлайди, бошқа частоталардаги қолган ташкил этувчилар ёмон силлиқланади. Бундан ташқари уларнинг силлиқлаш коэффициентлари юқлама токига боғлиқ бўлади.

2.2.7. LC– филтърлардаги ўтиш жараёнлари

Дросселдаги ток ва конденсатордаги қучланиш оний равишда ўзгара олмайди(бу элементлар реактив бўлиб электромагнит энергия захирасига эга бўлади), бунда тўғрилагич тармоққа уланганда LC–силлиқловчи филтърларда ўтиш жараёнлари вужудга келади. Тўғрилагич диоди орқали қисқа вақтли катта тоқлар (индуктивлик сабабли), конденсаторларда эса катта ортиқча юқланишлар вужудга келади. Ушбу ўтиш жараёнлари жуда қисқа вақтли бўлиб, шу билан бирга тўғрилагичга зарарли таъсир кўрсатади ва тўғрилагични ёки филтърни ишдан чиқариши мумкин. Агар юқламадан оқиб ўтадиган токни узлуксиз, яъни филтър юқлама билан $U_{оққ}$ қучланишли ўзгармас ток занжирига уланади ёки узилади, деб ҳисобласак, у ҳолда тўғрилагич уланганида қуйидаги формула орқали ифоланадиган ўтиш жараёнлари вужудга келади:

$$U_{оққ} = (r_{\phi} + r_{др}) \cdot i_{в} + L \frac{di_{в}}{dt} + \frac{1}{C} \int i_{с} dt, \quad (2.51)$$

бу ерда $i_{д}$ – диод орқали оқиб ўтадиган ток ($i_{д} = i_{с} + I_0$);

$r_{др}$ – филтър дроссели қаршилиги;

$i_{с}$ – конденсатордаги ток.

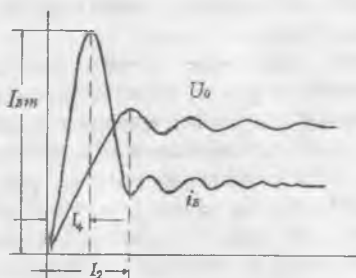
Диоддан оқиб ўтувчи ток ва юқламадаги қучланишнинг тўғрилагич тармоққа улангандаги ўзгаришлари 2.23–расмда келтирилган.

Диоддан оқиб ўтувчи токнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси синус қонуни бўйича ўзгаради. Диоддан оқиб ўтувчи токнинг максимал қиймати тўғрилагич тармоққа улангандан сўнг даврнинг чорагида қузатилади ва филтърнинг L ва C

элементларига боғлиқ бўлади. Конденсатордаги кучланиш икки ташкил этувчига эга бўлади:

$$U_C = U_{C_{\text{туғр}}} + U_{C_{\text{суткр}}} \quad (2.52)$$

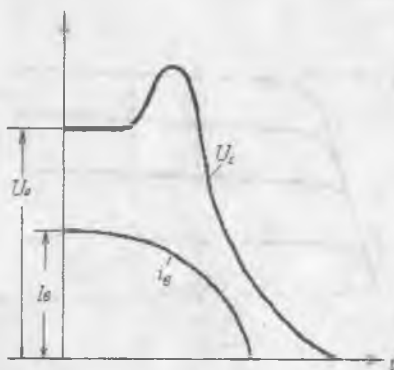
бу ерда $U_{C_{\text{туғр}}} = U_0$, $U_{C_{\text{суткр}}}$ эса косинус конуни бўйича ўзгаради ва L ва C параметрлар муносабатларига ва фильтрининг ўз частотасига боғлиқ бўлади. Конденсаторда максимал кучланиш тўғрилагич тармоққа улангандан сўнг ярим даврдан кейин вужудга келади.



2.23–расм. Тўғрилагич тармоққа уланганда диоддан оқиб ўтувчи токнинг ва юкламада токнинг ўзгаришлари

Тўғрилагич тармоқдан узилса, диод токи L ва C параметрларга ва юклама кийматига боғлиқ бўлган вақт доимийси билан камайди (2.24–расм).

Кучланишнинг киймати эса i_D токка боғлиқ. Дастлаб кескин ортади, кейин эса вақт доимийси бўйича камайди.



2.24–расм. Тўғрилагич тармоқдан узилганда кучланиш ва токнинг камайиши

2.2.8. Актив филтрлар

Силликовчи LC ва RC филтрлар қатор камчиликларга эга, уларнинг асосийлари қуйидагилар:

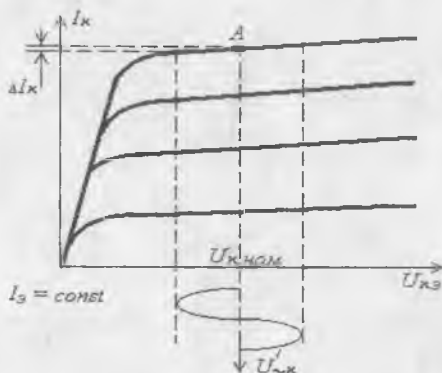
- 1) филтр дросселининг катталиги ва қимматлиги;
- 2) силликлаш коэффициентининг юклама токига боғликлиги;
- 3) дросселнинг электромагнит халақитларни вужудга келтириши;
- 4) филтрларда ўтиш жараёнларининг вужудга келиши;
- 5) секин тебранишлар ва кучланишни ўзгариши тўсқинликсиз юкламага узатилиши;

6) RC-филтрларда кучланишни пасайишининг катталиги, кичик силликлаш қобилияти ва бошқалар.

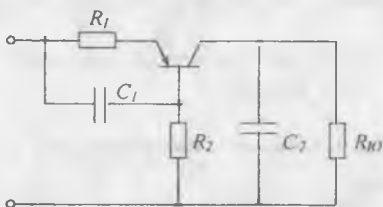
Бу камчиликлардан қутилиш учун электрон филтрлардан фойдаланилади. Улар транзисторларда ва интеграл микросхемаларда йиғилади. Уларнинг ишлаш принциплари транзистор маълум иш режимларида ўзгармас ва ўзгарувчан тоқлар учун турли қаршилиқларни ҳосил қилишга асослангандир. Бу транзисторнинг $I_K=f(U_{K3})$ тафсифидан кўринади. Транзисторнинг ўзгармас ток бўйича қаршилиги $R_0=U_{K3}/I_K$, бу ерда I_K —катта, ўзгарувчан ток бўйича қаршилиги эса $R_0=\Delta U_{K3}/\Delta I_K$, бу ерда ΔU_{K3} —катта, ΔI_K —кичик, шунинг учун $R_0 \gg R_0$ бўлади. Транзисторнинг силликланиши таъминлаши учун А ишчи нуктани шундай танлаш керакки, коллекторга қўйилган кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчиси А ишчи нуктани тафсифнинг текис оралиғи чегараларидан силжитиб юбормасин, яъни I_K деярли ўзгаришсиз қолиши керак.

Оддий транзисторли филтрларда юклама эмиттер занжирга ёки коллектор занжирга уланади (2.25-расм).

Юклама коллектор занжирга уланган филтрда унинг режими LC-занжирнинг вақти доимийси орқали аниқланади (2.26-расм). Бу занжир, агар вақт доимийси кириш кучланиши пульсацияси даврдан жуда катта бўлса, эмиттер токини стабиллайди.



2.25-расм. Транзисторнинг чиқиш тафсифи



2.26–расм. Эмиттер филтранинг принципиал схемаси

У холда А нукта кириш кучланиши пульсацияси таъсири остида коллектор тафсифининг текис оралиғи бўйича характерланади (I_k ток коллектор потенциалига деярли боглик эмас, асосан эса I_3 эмиттер токи орқали аникланади, шунинг учун $I_3 = \text{const}$ ни ушлаб туришда кириш кучланишининг ҳар қандай ўзгариши фақат А нуктани ўнгга ёки чапга I_k ток қийматини деярли ўзгартирмасдан силжитади). У холда I_k ток кам ўзгаради, юкламадаги $U_{ю} = I_k R_{ю}$ кучланиш эса деярли ўзгаришсиз қолади. Транзистор чиқишидаги сезиларсиз пульсация C_2 конденсатор орқали силликланади. R_2 қаршилик берилган режимни ўрнатиш учун хизмат қилади.

2.3. Стабилизаторлар

Кучланиш ёки ток стабилизаторлари, деб таъминот кучланиши, тармоқ частотаси, атроф-муҳит температураси ва бошқалар ўзгарганда юкламадаги ток ва кучланишни қиймат бўйича ўзгармас ушлаб турувчи қурилмага айтилади.

Ишлаш принципига қўра, стабилизаторлар параметрик, компенсацион ва импульсли стабилизаторларга ажратилади.

Параметрик стабилизаторларда стабиллаш ночизикли элементлар хусусиятларидан фойдаланиб амалга оширилади. Уларда кўпинча тесқари алоқа мавжуд бўлади.

Компенсацион стабилизаторларда стабиллаш тесқари алоқа занжири орқали чиқиш кучланиши ёки токи ўзгаришининг ростловчи элементга таъсири ҳисобига амалга оширилади.

Компенсацион стабилизаторлар берк автоматик ростлаш тизими бўлиб, уларда ток ростловчи элементдан узлуксиз ёки узлукли бўлиб оқиб ўтади.

Ростлаш услуби бўйича компенсацион стабилизаторлар кетма-кет ва паралелл турларга бўлинади.

Стабиллаш аниқлиги бўйича стабилизаторлар 4 синфга бўлинади:

1. Кичик стабиллаш. Кучланиш ва токнинг руҳсат этиладиган ўзгариши 5 % дан юқори.
2. Ўрта стабиллаш. Кучланиш ва токнинг руҳсат этиладиган ўзгариши 1-5 % гача.

3. Юкори стабиллаш. Кучланиш ва токнинг рухсат этиладиган ўзгариши 0.1-1 % гача.

4. Ўта юкори (прецизион) стабиллаш. Кучланиш ва токнинг рухсат этиладиган ўзгариши 0.1 % дан кичик.

2.3.1. Стабиллаш параметрлари

Стабилизаторлар чиқиш кучланишининг ностабиллиги бўйича, стабиллаш принципи бўйича, стабиллаш диапазоли бўйича, температуравий коэффициентлари бўйича баҳоланади.

Киришдаги ностабиллик қуйидагича аниқланади:

$$N_{1(\text{кир})} = \Delta U_{\text{кир}} / U_{\text{кир}} \quad (2.53)$$

Чиқишдаги ностабиллик қуйидагича аниқланади:

$$N_{2(\text{чик})} = \Delta U_{\text{чик}} / U_{\text{чик}} \quad (2.54)$$

Юкламадаги ток ностабиллиги қуйидагича аниқланади:

$$N_{1\text{ю}} = \Delta I_{\text{ю}} / I_{\text{ю}} \quad (2.55)$$

$\Delta U_{\text{кир}}$ – стабилизатор киришидаги кучланишнинг ўзгариши;

$\Delta U_{\text{чик}}$ – стабилизатор чиқишидаги кучланиш ўзгариши;

$\Delta I_{\text{ю}}$ – юклама токнинг ўзгариши.

Кучланиш стабилизаторининг стабиллаш коэффициентлари қуйидагича аниқланади ($I_{\text{ю}} = \text{const}$ бўлганида):

$$K_{\text{ст.к}} = K_{\text{ст.у}} = N_{1(\text{кир})} / N_{2(\text{чик})} = (\Delta U_{\text{кир}} / U_{\text{кир}}) / (\Delta U_{\text{чик}} / U_{\text{чик}}) \quad (2.56)$$

Стабиллаш коэффициентлари қанча катта бўлса, кучланишни стабиллаш сифати шунча яхши бўлади.

Агар кириш кучланиши ўзгармас катталик ҳисобланса, у ҳолда юклама бўйича кучланишни стабиллаш коэффициентидан фойдаланиш мумкин ($U_{\text{кир}} = \text{const}$ бўлганида):

$$\gamma_{\text{ст.к}} = \gamma_{\text{ст.у}} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{\Delta U_{\text{ю}}}{U_{\text{ю}}} \cdot \frac{\Delta I_{\text{ю}}}{I_{\text{ю}}} \quad (2.57)$$

Юклама бўйича стабиллаш коэффициентлари қанча кичик бўлса, стабилизатор шунча сифатлироқ бўлади.

Кириш кучланиши ўзгаришига боғлиқ бўлмаган ҳолда юкламадаги токнинг ўзгармасдан ушлаб турилиши токни стабиллаш ҳисобланади.

Ток стабилизаторларининг стабиллаш коэффициентлари қуйидагича аниқланади ($R_{\text{вх}} = \text{const}$ бўлганида):

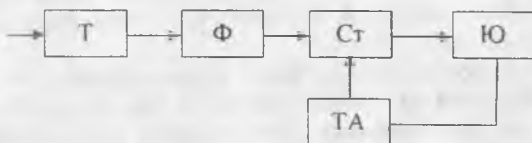
$$K_{\text{ст.к.}} = K_{\text{ст.У}} = \frac{N_1}{N_2} \frac{\Delta U_{\text{ю}}}{U_{\text{ю}}} : \frac{\Delta I_{\text{ю}}}{I_{\text{ю}}} \quad (2.58)$$

Агар кириш кучланиши ўзгармас бўлса, у ҳолда юклама бўйича токни стабиллаш коэффициенти киритилади ($U_{\text{кпр}} = \text{const}$ бўлганида):

$$\gamma_{\text{ст.т}} = \gamma_{\text{ст.и}} = \frac{\Delta I_{\text{ю}}}{I_{\text{ю}}} : \frac{\Delta R_{\text{ю}}}{R_{\text{ю}}} \quad (2.59)$$

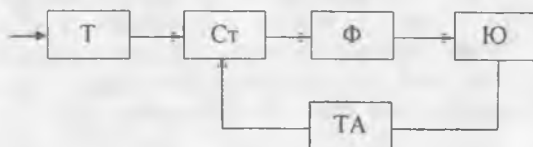
Стабилизаторлар кучланиш ёки токни ростлаш учун қўлланилади ва учта усулда уланиши мумкин.

Агар стабилизатор транзисторлардан йиғилган бўлса, у филтрдан кейин, юкламадан олдинга қўйилади (2.27–расм).



2.27–расм. Стабилизаторларнинг филтрдан кейин қўйилиши

Агар стабилизатор тиристорларда йиғилган бўлса, у филтрдан олдин қўйилади (2.28–расм).



2.28–расм. Стабилизаторларни филтрдан олдинга қўйилиши.

Агар стабиллаш ўзгарувчан ток томонида бўлса, у ҳолда стабилизаторлар тўғрилагичдан олдинга қўйилади (2.29–расм).



2.29-расм. Стабилизаторларни тўғрилагичдан олдинга қўйилиши

Стабилизаторларни тўлик тавсифлаш учун кучланиш стабилизаторининг “стабиллаш диапазони” тушунчаси киритилади:

$$Du = \frac{U_{\text{ст. max}} - U_{\text{ст. min}}}{U_{\text{ст. ном}}} \quad (2.60)$$

Ток стабилизаторининг стабиллаш диапазони қуйидагига тенг бўлади:

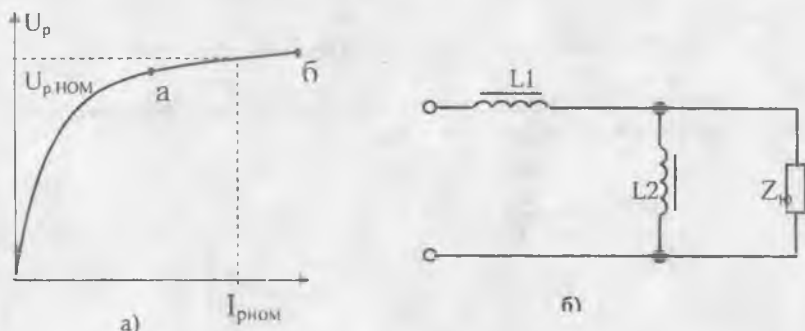
$$Di = \frac{I_{\text{ст. max}} - I_{\text{ст. min}}}{I_{\text{ст. ном}}} \quad (2.61)$$

2.3.2. Параметрик стабилизаторлар

Ночизикли элементларнинг хоссаларидан фойдаланиб кучланиш (ток) ни стабиллашни амалга оширадиган стабилизаторлар параметрик стабилизаторлар дейилади.

Параметрик стабилизаторларда кириш кучланишининг ёки юклама токининг ўзгариши бевосита ночизикли элементга таъсир қилади. Чиқиш кучланишининг (ёки юклама токининг) талаб қилинган қийматдан ўзгариши ночизикли элемент ВАХининг ночизиклилиги даражаси орқали аниқланади. Ночизикли элементлар сифатида ўзгарувчан кучланиш (ток) стабилизаторларида дросселлар (2.30–расм), ўзгармас кучланиш (ток) стабилизаторларида эса стабилитрон, стабистор ва майдоний транзисторлар қўлланилади (2.31–расм).

Ўзгарувчан кучланишни параметрик стабиллаш ўзгарувчан ток учун ночизикли ВАХга эга бўлган ночизикли элементлар ёрдамида амалга оширилади. Бундай тафсифга магнит ўтказгичи тўйиниш режимида ишловчи дроссель эга бўлиб (2.30а–расм), бунда магнит ўтказгичнинг тўйинишига мос келувчи а-б оралик дросселнинг иш оралиғи ҳисобланади.



2.30–расм. Дросселнинг ВАХи (а) ва ўзгарувчан кучланиш параметрик стабилизаторнинг схемаси (б)

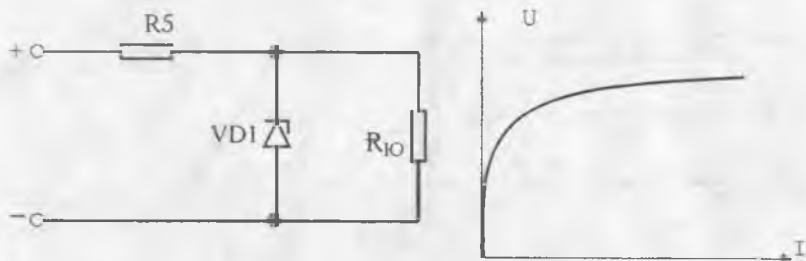
Схемада тўйинган дроссель L_2 $Z_{Ю}$ юклагага параллел уланади. Балласт қаршилик сифатида ВАХи чизикли бўлган L_1 дроссель қўлланилади. Схеманинг ишлаш принципи қуйидагича: $U_{КИР}$ кириш кучланиши ўзгарганда $U_{ЧИК}$ чиқиш кучланиши ва L_1 чизикли дросселдаги кучланиш ортади. L_2 тўйинган дросселдаги ток кескин ортади. Лекин бунда L_1 дросселдаги кучланишнинг пасайиши ортади, L_2 дросселдаги ва $Z_{Ю}$ юклагадаги кучланиш сезиларсиз ортади.

Энг оддий ўзгарувчан кучланиш параметрик стабилизаторининг афзаллиги оддийлиги бўлса, унинг камчиликлари ФИКнинг кичиклиги (0.4...0.6), стабиллаш коэффициентининг камлиги ($K_{СТ} < 10$), шунингдек, оғирлиги ҳисобланади.

Ўзгармас кучланиш параметрик стабилизаторларида ночизикли элементлари сифатида стабилитронлар, стабисторлар ва майдоний транзисторлар қўлланилади. VD стабилитронда йиғилган параметрик стабилизаторнинг принципиал схемаси 2.31–расмда келтирилган бўлиб, R_6 балласт резисторнинг қаршилиги шундай танланадики, ундаги кучланишнинг пасайиши (0.5...3) $U_{Ю}$ ни ташкил қилиши керак. Кириш кучланиши ортганда $U_{ЧИК}$ кучланиш ортади. Лекин VD стабилитрондаги унча катта бўлмаган $\Delta U_{СТ}$ кучланишнинг ўзгариши ундаги токнинг кескин ортишига олиб келади. Бунда R_6 резистордаги кучланишнинг пасайиши ортади, $R_{Ю}$ юклагадаги кучланиш эса сезиларсиз ўзгаради. Стабилизатор киришидаги $U_{КИР}$ кучланишнинг ўзгариши R_6 балласт резистордаги кучланишнинг ва стабилитрондаги кучланишнинг ўзгариши йиғиндисига тенг:

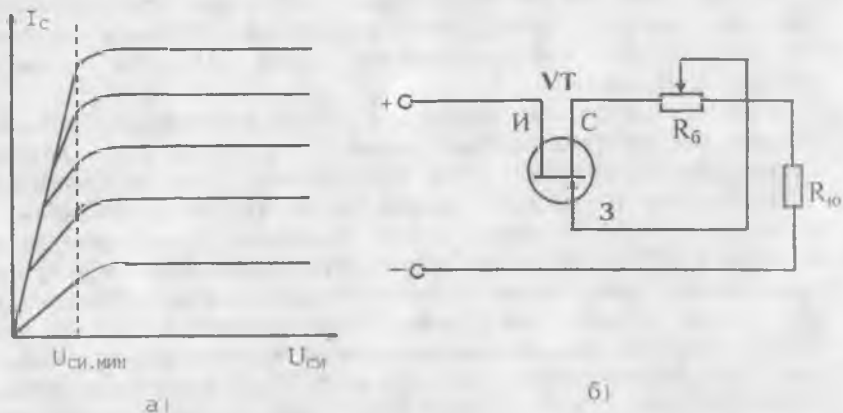
$$\Delta U_{КИР} = \Delta U_{R_6} + \Delta U_{СТ} \quad (2.62)$$

Балласт резисторининг қаршилиги стабилизатор қаршилигидан анча катта ($R_6 \gg R_{СТ}$) эканлигини этиборга олсак, у ҳолда кириш кучланишининг ҳар қандай ўзгариши стабилитроннинг $R_{СТ}$ қаршилигида ажралади ва юклагадаги кучланиш ўзгаришсиз қолади.



2.31–расм. Стабилитронда йиғилган параметрик стабилизатор схемаси (а) ва стабилитроннинг ВАХи (б)

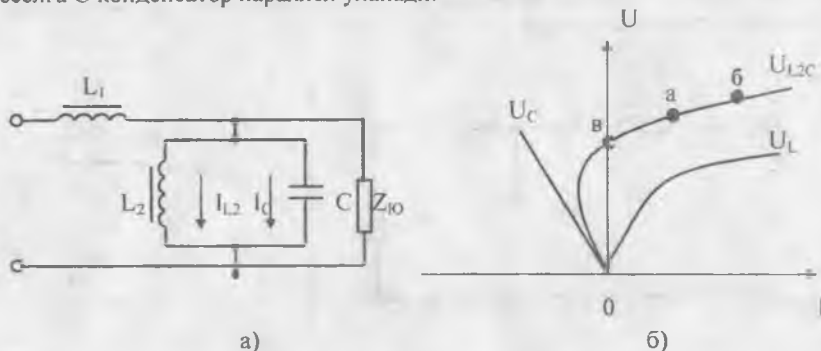
Бу схеманинг камчиликларига ФИКнинг кичиклиги (0,3) стабилизаторнинг катта ички қаршилиги (5...20 Ом) ва чиқиш қучланишининг кичик диапазонга эгаллигини киритиш мумкин. Стабилизаторнинг афзалликлари эса оддийлиги, ишончлилиги, ҳажмининг ва массасининг кичиклигидир. Ўзгармас ток параметрик стабилизаторлари токи унга қўйилган қучланишга сезиларли боғлиқ бўлмаган нозикцикли элементларда йиғилади. Бундай элемент сифатида майдоний транзисторлар қўлланилади (2.32–расм). Майдоний транзисторларда $U_{зи} = \text{const}$ бўлганда I_c сезиларли ўзгармайди.



2.32–расм. Майдоний транзистор ВАХи (а) ва майдоний транзисторда йиғилган параметрик стабилизатор схемаси (б)

2.3.3. Феррорезонансли ўзгарувчан қучланиш стабилизаторлари

Феррорезонансли стабилизаторларда тўйиниш режимида ишловчи L_2 дросселга C конденсатор параллел уланади.



2.33–расм. Феррорезонансли қучланиш стабилизаторининг принципаал схемаси (а) ва ВАХ и (б)

L_{2C} контурнинг резонанс частотаси стабилланувчи кучланиш частотасига якин, лекин тенг эмас.

Ўзгарувчан кучланиш феррорезонансли стабилизаторнинг ишлаш принципини 2.33-расмда тасвирланган L_2 дросселнинг ва C конденсаторнинг ВАХларидан фойдаланган ҳолда тушунтириш мумкин. U_{L_2} ва U_C кучланишларни геометрик қушиш натижасида L_2C контурдаги кучланишнинг эгри чизигини оламиз. Кичик кириш кучланишда дроссель тўйинмаган, унинг индуктивлиги катта ва натижавий эгри чизик сифим характерига эга бўлади (2.33б-расм, 0-в). L_2C контурдаги тоқлар резонансида (в нукта) L_2C контурдаги натижавий ток нолга тенг бўлади. Кириш кучланишининг кейинги ўзгаришида индуктив характерга эга бўлади (в-б). Тафсифнинг бу оралиғида ток кескин ўзгаради, контурдаги, яъни юкламадаги кучланиш эса сезиларли ўзгармайди. Феррорезонансли стабилизаторларнинг афзалликлари қуйидагилардан иборат:

- юкори ФИК (0,85-0,9) ва юкори қувват коэффициенти (0,9 гача);
- кучланиш бўйича юкори стабиллаш коэффициенти;
- қувватнинг кенг диапазоли;
- узок хизмат муддати;
- курилманинг соддалиги ва ишончилиги;
- механик таъсирларга барқарорлиги.

Камчиликлари эса қуйидагилардан иборат;

- реактив қаршиликларнинг частотага боғликлиги учун кириш кучланиши ўзгарганда чиқиш кучланишининг сезиларли ўзгариши;
- электромагнит ҳалакитларнинг мавжудлиги;
- масса ва ҳажмнинг катталиги;
- юкламадаги стабилланган кучланиш шаклининг бузилиши.

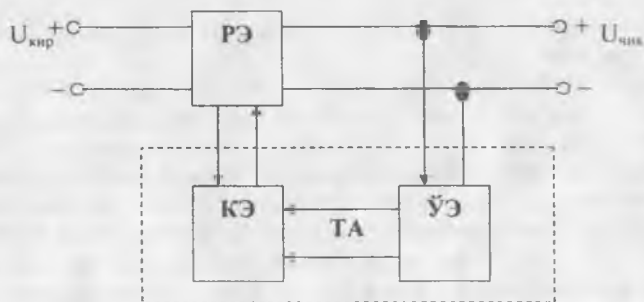
2.3.4. Компенсацион стабилизаторлар

Компенсацион кучланиш стабилизаторлари ўзгармас токда асосан транзисторларда ёки тиристорларда йиғилиши мумкин.

Компенсацион стабилизаторлар ўз схемасида ўлчовчи элемент ва ростловчи элементига эга бўлади.

Компенсацион стабилизаторларнинг тузилиш схемаси 2.34-расмда келтирилган.

Чиқисдан кучланиш ўлчовчи элементга берилади, унда эталон кучланиш билан таккосланади. агар кучланиш эталонидан фарк килса, фарк сигнали пайдо бўлади, у кучайтирувчи элементда кучайтирилади ва ростловчи элементга берилади. Чиқиш кучланиши ортганда ростловчи элементнинг қаршилиги ортади, ростловчи элементда кучланишнинг пасайиши ортади ва чиқишдаги кучланиш стабилланади. Схепада компенсацион стабиллаш манфий тескари алоқа ҳисобига ростловчи кучланиш орқали автоматик равишда амалга оширилади.

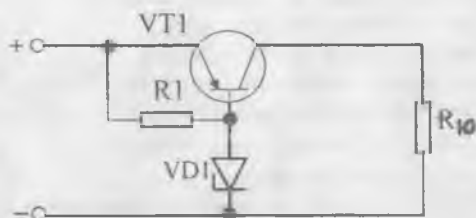


РЭ – ростловчи элемент, ЎЭ – ўлчовчи элемент, КЭ – кучайтирувчи элемент

2.34–расм. Компенсацион стабилизаторларнинг тузилиш схемаси

Транзисторли компенсацион кучланиш стабилизаторлари

Компенсацион транзисторли стабилизаторнинг оддий принципиал схемаси 2.35–расмда келтирилган.



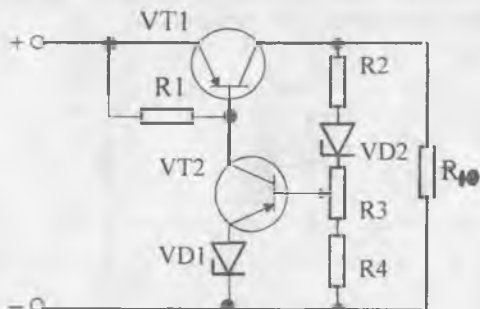
2.35–расм. Компенсацион транзисторли стабилизаторларнинг оддий принципиал схемаси

Бу схемада VT1 транзистор ростловчи элемент ҳисобланади. Юкламада чиқиш кучланиш ортганида VT1 транзистор базасидаги потенциал унинг эмиттерига нисбатан ортади. Транзисторнинг каршилиги ортади, ундаги кучланишнинг пасайиши ортади ва чиқишдаги кучланиш дастлабки кийматига қайтади.

Кучайтирувчи транзисторли компенсацион транзисторли стабилизаторнинг принципиал схемаси 2.36–расмда келтирилган.

VT1 транзистор базаси ва эмиттери орасидаги кучланиш R3 R4 бўлгичдаги кучланиш ва VD1 стабилизатордаги таянч кучланиш фарқи орқали олинади. Таянч кучланиши бўлгич кучланишидан катта, шунинг учун VT2 транзистор очик бўлади. Агар чиқиш кучланиши ўзгармас бўлса, VT2 транзистор коллектор токи ўзгармас бўлади ва кучланиш коллектор юкламасидан VT1 транзисторга берилади.

Агар кириш кучланиши ўзгарса VT2 транзистор коллектор юкламасидаги кучланиш ўзгаради, VT1 транзистор ички қаршилиги ўзгаради, ундаги кучланишнинг пасайиши ўзгаради.



VT1–ростловчи элемент, VT2–кучайтирувчи элемент.

2.36–расм. Кучайтирувчи транзисторли компенсацион стабилизаторнинг принципиал схемаси.

Афзалликлари:

- кичик габарит ва оғирлик;
- юкори ишончлилиқ;
- хизмат муддатининг узоклиги.

Камчиликлари:

- кичик ФИК;
- атроф-мухит температурасига боғлиқлиги.
- ортик юкланишлар ва кучланишларга сезгирлик.

Ҳозирги вақтда компенсацион стабилизаторлар интеграл микросхемалар кўринишида ишлаб чиқарилмоқда. Улар 3 А гача юклама токини ва 1...30 В чиқиш кучланишини таъминлайди.

Компенсацион тиристорли кучланиш стабилизаторлари

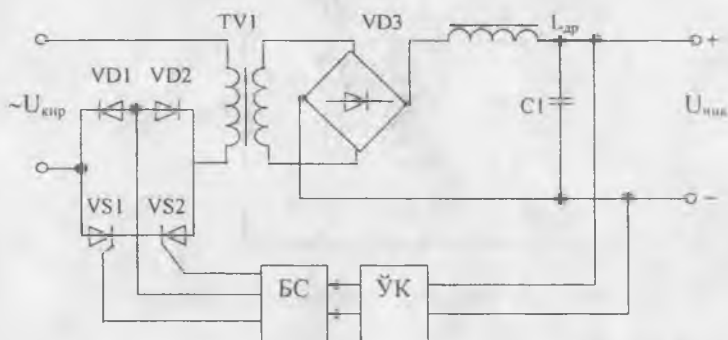
Бу стабилизаторларда тўғрилаш ва стабилизацияни ростлаш вазифаси умумлаштирилган.

Тиристорли стабилизаторлар ўзгармас ва ўзгарувчан тоқларда ишлашлари мумкин.

Компенсацион тиристорли стабилизаторнинг принципиал схемаси 2.42-расмда келтирилган.

Ростловчи элемент трансформаторнинг бирламчи чўлғами занжирига, яъни ўзгарувчан ток томонига уланади. Ростловчи элемент иккита қарама-қарши ва кетма-кет уланган VS1 ва VS2 тиристорлардан, VD1 ва VD2

диодлардан ташкил топган. VD1 ва VD2 диодлар тиристорларни шунтлайди ва тиристор ёпик бўлганида ўзгарувчан токни ўтиши учун киритилади. Трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига Г-симон LC фильтрли кўприксимон тўғрилаш схемаси қўйилади. Тескари алокани ўлчовчи – кучайтирувчи (ЎК) ва тиристорни бошқариш схемаси (БС) ташкил қилади.

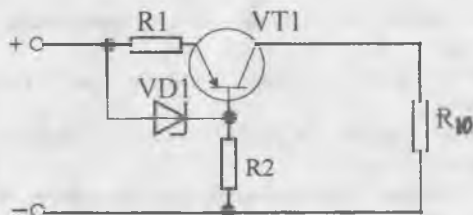


2.37-расм. Компенсацион тиристорли стабилизаторнинг принципаал схемаси

Чиқиш кучланиши ўзгарганида ЎК қисм фарк сигнали ишлаб чиқаради. Бу сигнал тиристорларни бошқариш схемасига берилади, бу ерда БС α ростлаш бурчагини бошқаради. Тескари алоканинг таъсири натижасида чиқиш кучланиши ортганида α ростлаш бурчаги ортади, бу трансформатор бирламчи ва иккиламчи чўлғамларидаги кучланишнинг камайишига олиб келади. Ўлчовчи-кучайтириш қисм (ЎК) сифатида магнит кучайтиргичлардан фойдаланиш мумкин.

Компенсацион ток стабилизатори

Агар назорат қилинаётган ток датчикларининг жойи алмаштирилса, исталган кучланиш стабилизаторидан ток стабилизаторини олиш мумкин (2.38-расм).



2.38-расм. Компенсацион ток стабилизаторининг принципаал схемаси

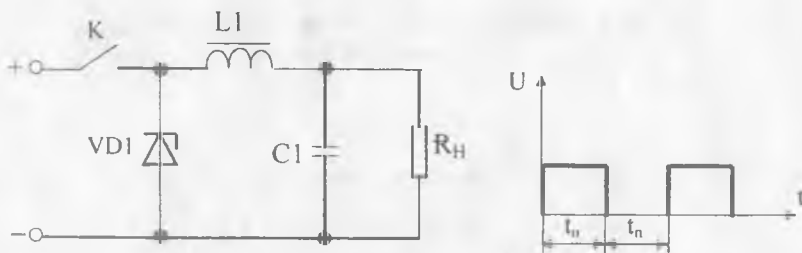
Токни стабиллаш шарти фақат $R_{\text{транз}} \gg R_{\text{ю}}$ бўлса амалга ошади.

VT1 транзистор актив режимда ишлайди. Эмиттер-коллектор ўтиш қаршилиги база потенциалини ўзгартириш йўли билан юклама токнинг ўзгаришига пропорционал бўлади.

2.3.5. Импульсли кучланиш стабилизаторлари

Импульсли стабилизаторлар калитли стабилизаторлар деб ҳам юритилади. Уларнинг компенсацион стабилизаторлардан фарқи, уларда ростловчи элемент (транзистор) қайта уланиш режимда ишлайди. Бу режим кесиш соҳасидан тўйиниш соҳасига ишчи нуктани кескин ўтиши орқали характерланади. Бу ҳолда транзисторда тарқаладиган қувват чизикли режимдагига караганда анча кам бўлади. Бу стабилизаторнинг ФИКги ошишига ва габаритларни камайишига олиб келади.

Импульсли стабилизаторнинг ишлаш принципини калитли схемада кўриб чиқиш мумкин (2.39–расм).



2.39–расм. Оддий импульсли стабилизаторнинг принципиал схемаси

Калит даврий равишда уланади ва узилади. Чикишда тўғри бурчакли импульслар шаклланади.

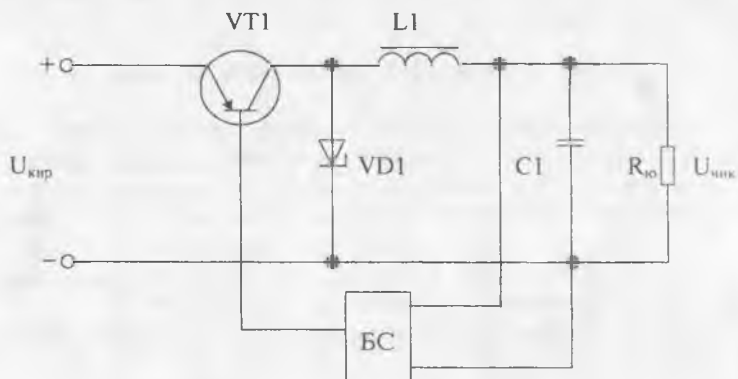
$t_{\text{д}}$ давр ёпик калитга, $t_{\text{н}}$ давр эса очик калитга мос келади.

Чикишдаги кучланиш ёпик калит даврига пропорционал хисобланади. Агар тесқари алоқа занжири киритилса, у ҳолда чикишдаги кучланиш кириш кучланиши ўзгариши билан ўзгаради.

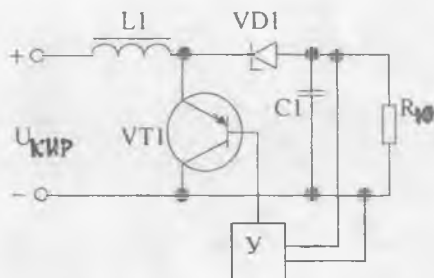
Ростловчи элемент (транзистор) юкламага кетма-кет ёки параллел уланиши мумкин. Бундай стабилизаторлар кенглик-импульсли модуляцияли стабилизаторлар деб юритилади (2.40 ва 2.41–расмлар).

Бу стабилизаторлар VT транзистордаги ростловчи элементдан, стабилизаторни коммутациялайдиган LC–филтрдан ва БС бошқариш схемасидан иборат. Бошқариш схемаси транзисторни ўтказадиган ҳолатга келтирадиган импульсни беришга мўлжалланган. Кириш кучланиши диодга ва LC–филтрга берилади. Диодга ёки стабилизаторга манфий кучланиш қўйилса, у ёпик бўлади. Дроссель токи ортади ва у энергия йиғади, конденсатор эса

юкламага зарядсизланади. Дроссель токи юклама токидан ортиши билан транзистор ёпилади, дроссель ўз энергиясини юкламага узатади.



2. 40–расм. Ростловчи элементи кетма–кет уланган импульсли стабилизаторнинг схемаси



2. 41–расм. Ростловчи элементи параллел уланган импульсли стабилизаторнинг схемаси

2.4. Ўзгартиргичлар

Кўчма телекоммуникация аппаратураларини электр энергияси билан таъминлашда бирламчи электр энергияси сифатида кичик кучланишли ўзгармас ток манбалари (галъваник элементлар, аккумуляторлар, термогенераторлар, кўёш ва атом батереялари) ишлатилади. Турли хилдаги телекоммуникация аппаратураларининг электр таъминоти учун эса турли номиналдаги ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишлар зарур бўлади. Шунинг учун бир номиналдаги ўзгарувчан ёки ўзгармас кучланишни иккинчи номиналдаги ўзгарувчан ёки

Ўзгармас кучланишга ўзгартириш талаб қилинади. Бу вазифани ўзгартиргичлар бажаради. Ўзгартиргичлар электр таъминоти манбаи кучланишини аппаратуралар алоҳида қисмларини электр таъминоти учун талаб қилинган турдаги ва номиналдаги кучланишларга ўзгартириб бериш учун хизмат қилади.

Ўзгартиргичлар икки турга бўлинади. Ўзгармас ток энергиясини ўзгарувчан ток энергиясига ўзгартириб берувчи ўзгартиргичлар инверторлар дейилади ва ўзгартириш жараёни инверторлашдан иборат бўлади.

Агар ўзгартиргич чиқишида ўзгармас кучланиш олинishi талаб қилинса, у ҳолда инвертордан кейин тўғрилагич ва филтер қўйилади. Бундай бир кучланишли ўзгармас ток энергиясини бошқа кучланишли кучланишли ўзгармас ток энергиясига ўзгартирувчи ўзгартиргич конвертор дейилади ва ўзгартириш жараёни конверторлашдан иборат бўлади.

Инвертор ҳар қандай ўзгартиргичнинг асосий қисми ҳисобланади. Инверторлар қуйидаги белгиларига қараб синфларга бўлинади:

– ўзгартирилувчи катталиқ турига қараб: ток инверторлари ва кучланиш инверторлари;

– иш тактига қараб: бир тактли ва икки тактли инверторлар;

– калит элементлари турига қараб: транзисторли ва тиристорли инверторлар;

– қўзғатиш усулига қараб: мустақил ва ўз-ўзидан қўзғатишли инверторлар;

Транзисторли инверторлар қуйидаги туркумларга бўлинади:

– транзисторларнинг уланиш схемаларига қараб: умумий эмиттерли ва умумий коллекторли инверторлар;

– тескари алоқа турига қараб: кучланиш бўйича тескари алоқали, ток бўйича тескари алоқали, ток ва кучланиш бўйича тескари алоқали инверторлар;

Тиристорли инверторлар қуйидагича турланади:

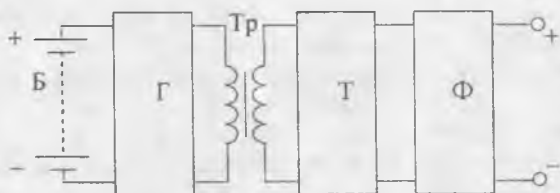
– тиристорлар коммутациясига қараб: тармок орқали ва автоном;

– юкламага нисбатан коммутацияловчи сифимнинг уланишига қараб: кетма-кет, кетма-кет параллел ва параллел. Ярим ўтказгичли ўзгартиргичларнинг афзалликлари ишончлилиқ, юкори ФИК, кичик ҳажм ва эксплуатацион муддатнинг узоклигидир.

2.4. 1. Транзисторли ўзгартиргичлар

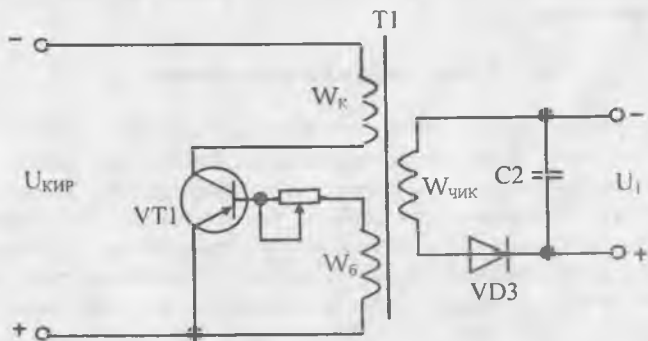
Транзисторли ўз-ўзидан қўзғатишли ўзгартиргичлар (автогенераторлар) ўзгармас кучланишни ўзгартириш жараёнини 2.42–расмда келтирилган функционал схемадан фойдаланган ҳолда тушунтириш мумкин. Ўзгармас ток манбаи аккумулятор батареяси Б ҳисобланиб, ундан унча катта бўлмаган $U_{кнр}$ кучланиш Tr трансформаторга берилади. Tr трансформатор ўзгарувчан кучланишнинг шаклланиши ва унинг қийматини ўзгартириш учун хизмат қилади. Аккумулятор кучланиши ўзгармас бўлганлиги учун аккумулятор ва трансформатор орасига ўзгармас ток занжирини даврий равишда узиш ва улаш мақсадига 350...400 Гцли ток узгичи қўйиш зарур. Ўзгармас ток узгичи сифатида транзисторли генератор Г хизмат қилади.

Трансформатор бирламчи чўлғамидаги токнинг узилиши магнит ўтказгичда вақт бўйича ўзгарувчан $\Phi(t)$ магнит оқимини вужудга келтиради. Натижада чўлғамларда магнит оқими ўзгариш тезлигига ва чўлғам ўрамлар сонига пропорционал бўлган ЭЮК индукцияланади. Шундай қилиб ўзгармас кучланишдан тўғри бурчақли импульслар шаклидаги ўзгарувчан кучланиш олинади, яъни инверторлаш амалга оширилади. Тўғри бурчақли импульслар трансформатор ёрдамида амплитуда бўйича ўзгартирилади ва кейин Φ силикловчи филтрли Т тўғрилагичга берилади. Тўғрилагич чиқишидан ўзгармас кучланиш олинади. Бундай ўзгартиргич конвертор дейилади. Унинг чиқишидан кириш кучланишидан талаб қилинган қийматга фарқланувчи ўзгармас кучланиш олинади.



2.42–расм. Ўз-ўзидан кўзғатишли бир тактли ўзгартиргич (автогенератор)нинг тузилиш схемаси

Ўз-ўзидан кўзғатишли транзисторли бир тактли ўзгартиргич (2.43–расм) принцинал схемаси $U_{кир}$ ўзгармас кучланиш манбаи автогенератор схемаси бўйича қалит режимда ишловчи VT транзисторда йиғилган ток узгичи, магнит ўтказгичи тўғри бурчақли гистерезис ҳалқали импульс трансформатор Т1, бир ярим даврли тўғрилагич ва юкламадан ташкил топган.



2.43–расм. Ўз-ўзидан кўзғатишли транзисторли бир тактли ўзгартиргичнинг принцинал схемаси

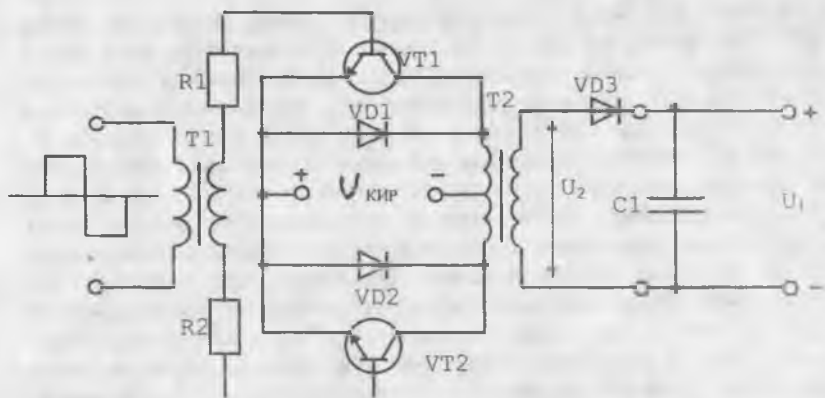
Ўзгартиргичнинг ишлаш принципи импульс трансформатори бирламчи чўлғамида калит равишда ишловчи VT транзистор ёрдамида ўзгармас токни узишга асосланган. Коллектор занжирига $U_{кпр}$ ўзгармас кучланиш қўйилганда трансформаторнинг W_k бирламчи чўлғамидан ток оқиб ўта бошлайди. Уланиш моментидан бошлаб ток оний равишда эмас, маълум конун бўйича ортади. Шунинг учун ток импульс трансформатори магнит ўтказгичида ўсувчи магнит оқимини вужудга келтиради. Бу ўзгарувчан магнит оқими W_6 тескари алоқа чўлғамида ўзиндукцион ЭЮКни вужудга келтиради. W_6 тескари алоқа чўлғамининг учлари база-эмиттер ораликқа шундай уланганки, коллектор токи ортганда базага оғувчи потенциал келади. Транзистор очила бориб, бундан кейинги коллектор тоқининг ортишига имконият яратади, яъни схемада мусбат тескари алоқа амалга оширилади. Коллектор ва база тоқларининг бундай кўчкисимон равишда тез ортиши магнит оқими тўйингунча давом этади. Кейин бу тоқларнинг ортиши тўхтайтиди ва ўзгармас токда трансформатор чўлғамларида ЭЮК индукцияланмайди. Натижада транзистор базасига оқувчи потенциал келмайди ва у ёпила бошлайди.

Транзистор ёпилишидаги коллектор тоқининг камайиши қарама-қарши йўналишдаги ЭЮКни ҳосил қилади ва базага транзисторни ёпувчи кучланиш берилади. Бирламчи чўлғам тоқи узилади. Шундай қилиб транзистор, импульс трансформатори ва таъминот манбаи кучланиш бўйича трансформаторли тескари алоқали релакцион генераторни ташкил қилади. У ўзгармас токни узилишини таъминлайди. Трансформаторнинг иккинчи чўлғамидан ўша частота ва кутбдаги, лекин амплитудаси ортган шаклдаги импульслар олинади. Бу импульслар VD диодда йиғилган тўғрилагичга берилади. Тўғрилагичдан кейин $R_{ю}$ юкламада талаб қилинган қийматдаги ўзгармас кучланиш шаклланади.

Бир тактли ўзгартиргичнинг афзаллиги унинг схемасининг соддалиги ва ишончилигидир. Камчилиги эса магнит ўтказгичнинг доимий магнитланиш натижасида коллектор чўлғамидан ток факат бир йўналишда оқиб ўтади.

Энг содда тузилган икки тактли ўзгартиргич схемасида T1 куч трансформаторининг икки бирламчи чўлғами VT1 ва VT2 транзисторлари базалари билан уланган, бирламчи таъминот манбаи $U_{кпр}$ эса транзисторлар эмиттерлари ва T2 трансформатор бирламчи ярим чўлғамлари ўрта нуктасига қўйилган (2.44-расм).

Куч транзисторлари навбатма-навбат тўйинади. Бунинг учун T1 кўзгатувчи трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан уларнинг базаларига мос узунликдаги импульслар берилади. T2 трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидан олинаниган чиқиш кучланиши импульсларининг узунлиги оқувчи импульслар узунлигидан транзисторлар базаларидаги асосий бўлмаган гашувчиларнинг заряд сўриш вақти t_p га катта. Агар оқувчи импульслар узунлиги $T/2 - t_p$ га тенг деб олинса, чиқишда меандр шаклдаги ўзгарувчан кучланиш олинади. Бундай шаклдаги кучланиш тўғрилагичда филтрасиз ўзгармас кучланишга айлантирилади.



2.44–расм. Мустақил қўзғатишли икки тактли ўзгартиргичнинг принципиал схемаси

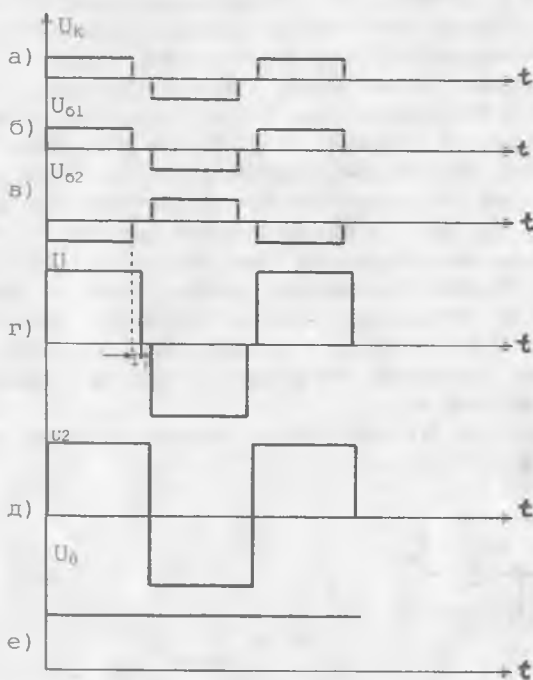
Агар куч транзисторларини нолили узилишсиз тўғри бурчакли кучланиш импульслари билан қўзғатилса (2.45д–расм), у холда базадаги асосий бўлмаган ташувчиларнинг заряд сўриш вақтига тенг бўлган вақтда ҳар иккала транзистор очик бўлади, бу эса куч трансформатори бирламчи чўлғамининг қиска вақтли туташувиغا тенгдир. Бундай ҳар бир ярим давр охиридаги қиска вақтли туташувларнинг салбий оқибатларини бартараф қилиш учун инвертор схемасига қўшимча элементлар киритиш лозим бўлади.

Инвертор актив-индуктив характеридаги юкламада ишлаганида юклама токи кутбларининг ўзгариши моментлари чиқиш кучланиш кутблари ўзгариши моментларига, шунингдек, куч транзисторларини қайта уланиш моментларига нисбатан кечга қолади. Бу ҳар бир ярим даврнинг бошланғич қисмида куч транзистори орқали тесқари йўналишда ток ўтишига, яъни тесқари токни вужудга келишига олиб келади.

Транзистор орқали оқиб ўтадиган тесқари ток импульси ўз йўналишини ўзгартирмаган юклама токи трансформаторнинг бошқа бирламчи чўлғамига ва куч транзисторига трансформацияланади. Инверс режимда ишлаётган транзисторнинг ток бўйича кучайтириш коэффицентини кичик бўлади. Бундай коллектор токида транзистор тўйиниш режимидан чиқиб кетиши мумкин, бу куч занжиридаги қўшимча кувват исрофларига ва транзисторнинг қуйишига олиб келиши мумкин.

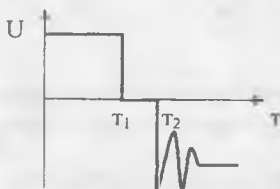
Куч транзистори орқали оқиб ўтадиган тесқари токни камайитириш учун инвертор схемасида куч транзисторларига параллел равишда шунтловчи $VD1$ ва $VD2$ диодлар уланади. Бундай диодлар агар инвертор салт ишлаганида ишлай олса ҳам, юклама равишда қўйилиши мумкин. Бунда индуктив ток ҳисобланган $VT1$ трансформаторнинг магнитлаш токи ярим даврнинг бир қисми давомида тесқари йўналишда оқиб ўтади. Баъзида шунтловчи

диодларнинг йўқлигида бундай магнитловчи ток куч транзисторларини ишдан чиқишига олиб келиши мумкин.



2.45-расм. Муствақил кўзғатишли икки тактли ўзгартиргичнинг вақт диаграммалари

Транзисторларнинг коммутацияланишини осонлаштириш мақсадида тўғрилагич таркибига қўшимча зарядсизлаш диоди киритилади (2.44-расм). Аввал очик бўлган диоднинг ёпилишидан сўнг чиқишдаги кучланиш сакраш орқали ўз кутбини ўзгартиради ва бу кутб ўзгаришига сўнувчи юқори частотали тебранишлар сабаб бўлади (2.46-расм).

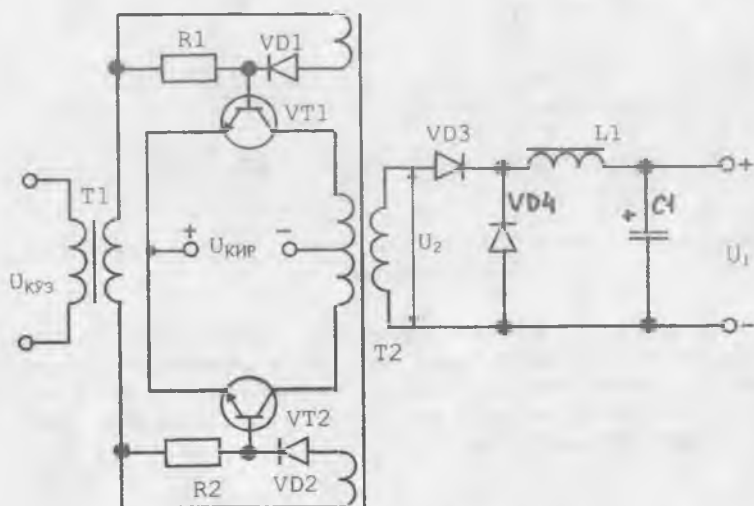


2.46-расм. Сўнувчи юқори частотали тебранишларнинг пайдо бўлиши

Бу тебранишлар трансформатор индуктив тарқалишининг қайта зарядланиши, ўрамлараро сиғим ва монтаж сиғимлари оқибатида вужудга келади. Катта қувватли ўзгартиргичларда улар радиоҳалакитларнинг интенсиф манбаи ҳисобланади. Шунинг учун баъзида юкларни индуктив элементдан бошланувчи ўзгартиргичлардан фойдаланмасликка мажбур қилади.

Мустақил қўзғатишли инверторлар транзисторларнинг коллектор тоқларининг кескин ортиб кетиши ҳам юқори частотали ҳалакитларни келтириб чиқаради. Бундан ташқари улар транзисторларнинг ортиқча юкланишига сабаб бўлади. Бундай камчиликлардан қутулишнинг фақат ягона усули, биринчи транзистор очилишини иккинчи транзисторнинг ёпилишигача кечиктириш усулидир. Бу шарт инвертор транзисторларини носимметрик импульслар ёки ноли узилиш импульслар билан бошқарилганда бажарилади. Бу ҳар иккала усул қўзғаткич схемасини қуришда ўзаро боғлиқ бўлган қийинчиликларга эга ва тўғрилагич юкларни ўзгарувчан бўлганда яхши натижаларни бермайди. Транзисторнинг узилиш вақти коллектор тоқига боғлиқ, шунинг учун улашни кечиктириш инвертор юкларининг ўзгаришига мос алмашиши керак.

Қайтар тоқлардан тузатиш схемаси билан боғланган инвертор схемаси бу камчиликлардан ҳолидир (2.47-расм).

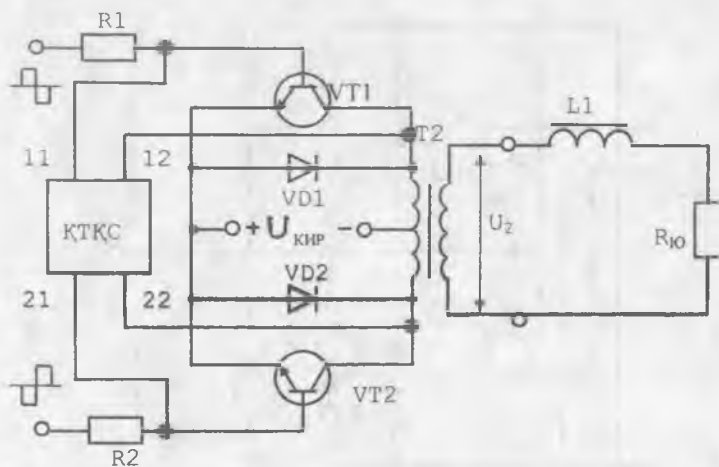


2.47-расм. Қайтар тоқлардан тузатиш схемаси билан боғланган инверторли ўзгартиргичнинг схемаси

Ундаги инвертор трансформаторнинг қўшимча W_2 чўлғамларидан олинган кучланиш транзисторлар очилишини кечиктириш учун хизмат қилади. У чиқиш кучланишини кутби ўзгармагунча ёпиқ бўлган транзисторни

очилишини ушлаб туришга имкон беради. Шунинг учун фақат бир елка транзистори ёпилгандан кейингина, иккинчи елка транзистори базасига очувчи кучланиш келади. Транзистор узилганда база занжиридаги диод ёпилади ва W_2 кўшимча чўлғамлардан олинаниган ёпувчи кучланиш базага келмайди. Бундай инвертор схемасида коллектор токи импульсларида кескин ортиш бўлмайди, чиқиш кучланиши эса ноли узилишларсиз бўлади. Коммутацион жараёнлар уларда деярли бўлмайди.

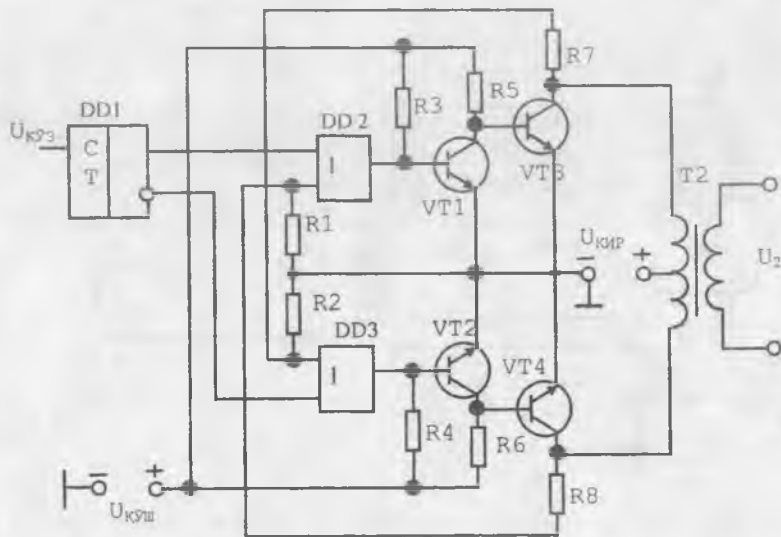
2.47-расмда келтирилган инвертор куч занжири Т1 трансформатордан VT1 ва VT2 транзисторлардан, VD1 ва VD2 диодлардан иборат. Инверторнинг юкласи трансформаторнинг иккиламчи чўлғамидаги L1 индуктив элемент ва $R_{\text{Ю}}$ резистор ҳисобланади. Транзисторлар ноли паузаларсиз тўғри бурчакли импульслар орқали коммутацияланади. Бу импульслар кўзгагичдан транзистор базаларига R1 ва R2 резисторлар орқали берилади. Шунингдек, бу резисторлар тўйинган транзисторлар база тоқларини чеклайди. Аввал айтиб ўтилганидек, бундай кўзгагич куч занжирида қисқа вақтли қисқа туташувларни вужудга келтиради. Бу вақтларда ҳар иккала транзисторлар очик бўлади ва уларда трансформаторнинг бирламчи чўлғамларида коммутацион тоқлар кескин ортади. VT1 ва VT2 транзисторлар коммутацион тоқлари трансформаторнинг бирламчи чўлғамлари ўрта нуктасидан $U_{\text{КПР}}$ таъминот манбаининг минус кутбига оқиб ўтади, яъни трансформаторнинг иккиламчи чўлғамига трансформацияланмайди ва шунинг учун бу тоқлар қайтар тоқлар дейилади.



2.48-расм. Коммутацион хусусиятлари яхшиланган инверторли ўзгартиргич схемаси

Коммутация жараёнини яхшилаш мақсадида инвертор схемасига қўшимча равишда қайтар тоқлардан қутулиш схемаси (КТҚС) киритилади (2.48–расм). У иккита киришга (11 ва 21) ва иккита чиқишга (12 ва 22) эга. VT1 транзисторнинг ёпик ҳолатига мос келадиган инверс чиқиш қучланишининг қутбига схеманинг 12 очик ва VT1 транзисторнинг эмиттер-база ўтишини шунтлайди ва қўзғатиш занжири VT1 транзисторни очишига VT2 транзистор ёпилмагунча ва чиқиш қучланишининг қутби ўзгармагунча, яъни схеманинг 21 киришида мусбат потенциал бўлмагунча йўл қўйилмайди.

2.49–расмда тасвирланган ўзгартиргич инверторининг қайтар тоқлардан қутулиш схемасида учта DD1, DD2 ва DD3 мантикий элементлардан фойдаланилган. DD1 микросхема триггер бўлиб, чиқишда (1 ва 2 чиқишлар) ўзаро фаза бўйича 180° га сурилган мусбат импульслар кетма-кетлигини шакллантиради. Бу импульслар кетма-кетлиги VT1 ва VT2 транзисторларни очилиши учун зарур бўладиган импульсларни шакллантириш учун хизмат қилади. Бунда DD2 ва DD3 микросхемалар мослаштириш схемаси) ҳам иштирок этади. Уларнинг биринчи киришларига берилган импульслар, иккинчи киришларида мусбат потенциал бўлмагунча, уларнинг чиқишларига ўтмайди (мусбат потенциал аввал очик бўлган транзистор ёпилгандан кейингина пайдо бўлади). Шу тарзда R7 ва R8 резисторлар орқали карама-карши елканинг қуч транзистори коллектори билан иккинчи киришларнинг алоқаси таъминланади.



2.49–расм. Бошқариш схемасида мантикий элементлардан фойдаланилган коммутацион хусусиятлари яхшиланган инверторли ўзгартиргич схемаси

2.4.2. Тиристорли ўзгартиргичлар

Юқори қувватли ўзгартириш қурилмаларида юқори вольтли кучланишни ўзгартириш учун икки барқарор ҳолатга эга бўлган тиристорлар қўлланилади.

Тиристорлар бир неча киловольтларгача кучланишларга ва бир неча ампер тоқларга мўлжалланиб ишлаб чиқарилади. Шунинг учун тиристорли ўзгартиргичлар юқори фойдали иш коэффицентли катта қувватли таъминлайди.

Коммутация махсус қурилмалар орқали амалга ошириладиган ва юкламаси бошқа ўзгарувчан ток энергияси манбаларига эга бўлмаган тиристорли ўзгартиргичлар автоном ўзгартиргичлар дейилади. Автоном инверторнинг коммутация частотаси тиристорларнинг бошқариш тизими иш частотаси орқали аниқланади. Улар ток ва кучланиш инверторларига бўлинади. Ток инверторларида токни ўзгартириш амалга оширилади, кучланиш шакли юкламага боғлиқ. Манбадан истеъмол қилинадиган токнинг доимийлигини ушлаб туриш учун улар ўзгармас кучланиш манбаига катта индуктивликли L дроссель орқали уланади.

Кучланиш инверторлари ўзгармас кучланиш манбаига тўғридан тўғри уланади. Бунда инвертор чиқишида манбага параллел равишда C конденсатор уланади. Тиристорли инверторларда ток коммутациясини реактив элементлар-конденсаторлар ва дросселлар бажаради.

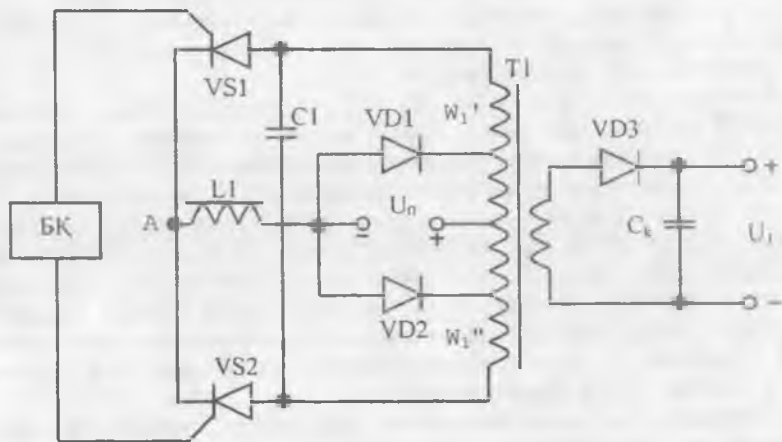
Инверторларда тиристорлар қалит режимида ишлайди. Уларнинг уланиши бошқариш қурилмаси орқали амалга оширилади. Бошқариш қурилмалари сифатида импульс генераторлари-автогенератор, мультивибратор ва блокинг-генераторлар ишлатилади. Бошқарувчи импульслар тиристорлар бошқариш электродларига карама-қарши фазада берилади. Тиристорни очилиши учун анод тоқини энг кичик ушлаб турувчи ток қийматигача камайтириш керак. Анод ва катод оралиғига эса тиристор бошқарилишини қайта тикланиши учун етарли бўлган вақтгача манфий тесқари кучланиш қўйилади. Бу инверторда коммутацияловчи конденсатор қўлланилиши орқали амалга оширилади. Бунда конденсатор тиристор анодига катодига нисбатан манфий кучланиш берилишини таъминлайди.

Юкламада C_k коммутацияловчи конденсатор уланишига қараб тиристорли инвертор схемалари параллел-кетма-кет ва кетма-кет-параллел схемаларга бўлинади. 2.50-расмда тасвирланган икки тактли параллел инвертор $VS1$ ва $VS2$ тиристорлардан, (BC) бошқариш схемасидан, C_k коммутацияловчи конденсатордан $VD1$ ва $VD2$ диодлардан ва L дросселдан иборат. Трансформаторнинг бирламчи чўлғами 0 ўрта нуктага ва $VD1$, $VD2$ диодлар уланадиган икки 1 ва 2 нукталарга эга

Биринчи ярим даврда бошқарувчи импульс таъсирида $VD1$ тиристор очик ва $VD2$ тиристор ёпиқ бўлади. Бунда ток таъминот манбаидан трансформаторнинг юқори ярим чўлғами $VD1$ тиристор ва L дроссель орқали оқиб ўтади. Бу ток пастки елкада юқори елкадаги ЭЮКка тенг бўлган, лекин карама-қарши фазадаги ЭЮКни индукциялайди, яъни минус чўлғамнинг ўрта нуктасида, плюс эса бу чўлғамнинг пастки охириги нуктасида бўлади. Шунинг учун C_k конденсаторга кетма-кет уланган кучланишлар қўйилади: таъминот

манбаидан U_0 ва трансформаторнинг бирламчи пастки чўлғамидан тахминан U_0 га тенг бўлган кучланиш. Нагжида C_k конденсатор иккиланган таъминот манбаи кучланишгача, яъни $U_c=2U_0$ гача зарядланади. Бундай кучланиш VD_2 тиристор анодида ҳам бўлади.

Иккинчи ярим давр вақтида бошқарувчи импульс VS_2 тиристорни очади. VS_1 тиристор ток ўтказишни давом эттиради. Лекин очилган VS_2 тиристор орқали C_k коммутацияловчи конденсатор VD_1 тиристорга параллел уланади. C_k конденсатордан VS_1 тиристорга $2U_0$ га тенг бўлган тескари кучланиш қўйилади ва C_k конденсаторнинг разрядланилиш токи орқали VS_1 тиристор ёпилади. Очилган VS_2 тиристор орқали C_k конденсаторнинг i_{ck} қайта зарядланиш токи ва трансформаторнинг бирламчи W_1'' чўлғами тоқларининг йигиндисидан иборат бўлган i_T ток оқиб ўтади. C_k конденсатор тескари кутбди $2U_0$ кучланишгача зарядланади. U_0 ўзгартирилган кучланиш W_1' бирламчи чўлғамга қўйилади ва бу чўлғамдаги ток аввалги очувчи импульс вақтидаги W_1' чўлғамдаги токка қарама-қарши йўналишга эга бўлади. Бунда W_2 иккиламчи чўлғамда кучланишнинг иккинчи (манфий) ярим тўлқини шаклланади.



2.50—расм. Икки тактли тиристорли ўзгартиргичнинг схемаси

VS_1 тиристорга навбатдаги очувчи импульс берилганда схема дастлабки ҳолатига қайтади ва юқоридаги жараён такрорланади.

Тиристорларнинг навбатма-навбат очилиши натижасида трансформаторнинг бирламчи ярим чўлғамларида тоқлар даврий равишда ўзгаради ва иккиламчи чўлғамда ўзгарувчан ток вужудга келади. Бу ток ЧТ чикиш тўғрилагич орқали тўғриланади ва Φ филтр орқали юқламага узатилади.

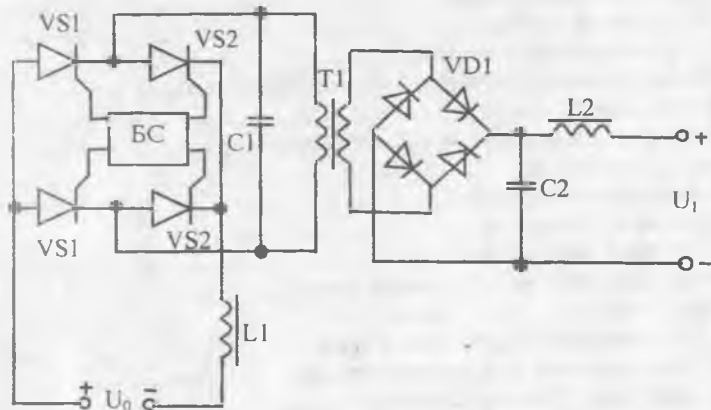
Шундай қилиб, ўзгартиргич чикишида талаб қилинган номиналдаги ўзгармас кучланиш шаклланади.

$L1$ дроссель таъминот манбаи токини хар иккала тиристорлар очик бўладиган қисқа вақт оралиғида таъминот манбаи токини чеклаб туради.

Коммутация momentiда, тиристорлардан бири очик, иккинчиси эса индуктивликнинг разрядланиш токи ўтказётган вақтда юклама индуктивлигида ва реактив коммутацион элементларда йиғилган реактив қувватни $VD1$ ва $VD2$ диодлар U_0 таъминот манбаи томонига ўтказиб юбориш учун хизмат қилади.

Икки тактли кўприксимон ўзгартиргич схемаси 2.51-расмда келтирилган. Биринчи ярим даврда бошқарувчи қучланиш мусбат импульслари бир вақтнинг ўзида $VS1$ ва $VS2$ тиристорларга берилади. Тиристорлар очилади ва улар орқали $T1$ трансформаторнинг бирламчи чўлғамига ток оқиб ўтади. Бу вақтда $C1$ конденсатор таъминот манбаининг U_0 қучланишигача зарядланади.

Бошқарувчи қучланишнинг иккинчи ярим даврида импульслар $VS2$ ва $VS3$ тиристорларга берилади ва улар очилади. Аммо бу вақтда $C1$ конденсатордан мусбат потенциал $VS1$ тиристор катодига берилади ва у ёпилади. $VS4$ тиристор анодига эса $C1$ конденсатордан манфий потенциал берилади ва у ҳам ёпилади.



2.51-расм. Икки тактли кўприксимон ўзгартиргичнинг принципаал схемаси

Сўнг тиристорлар жуптлиги навбатма-навбат очилади. Бунда $T1$ трансформаторнинг бирламчи чўлғамидан қарама-қарши йўналишдаги ток импульслари оқиб ўтади. Бу ток импульслари иккиламчи чўлғамда ўзгарувчан токни индукциялайди. Кейинчалик бу ўзгарувчан ток тўғрилагичда тўғриланади ва филтлда силликланиб юклагага узатилади.

Мундарижа

Кириш.....	3
1. Бирламчи электр энергияси манбалари.....	5
1.1. Қайта тикланувчан энергия манбалари ва уларнинг потенциали.....	5
1.1.1. Асосий тушунчалар ва тафсифлар.....	5
1.1.2. Энергияни йиғиш тизимлари.....	7
1.1.3. Куёш энергияси ва уни ўзгартириш усуллари.....	8
1.1.4. Шамол энергияси ва уни ўзгартириш усуллари.....	12
1.1.5. Шамол энергияси қурилмалари.....	13
1.2. Трансформаторлар.....	15
1.2.1. Трансформаторнинг тузилиши.....	17
1.2.2. Трансформаторнинг ишлаш принципи.....	18
1.2.3. Трансформаторнинг иш режимлари.....	19
1.2.4. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти.....	29
1.2.5. Ўлчов трансформаторлари.....	30
1.3. Автотрансформаторлар.....	32
1.4. Уч фазали занжирлар.....	34
1.5. Уч фазали трансформаторлар.....	37
1.6. Фазалар сонини ўзгартирадиган трансформаторлар.....	39
1.7. Скотт схемаси.....	40
1.8. Трансформаторларнинг параллел уланиши.....	41
1.9. Электр машиналар.....	42
1.9.1. Асинхрон машиналар.....	44
1.9.2. Синхрон машиналар.....	49
1.9.3. Ўзгармас ток машиналари.....	55
2. Иккиламчи электр энергияси манбалари.....	70
2.1. Тўғрилагичлар.....	70
2.1.1. Вентиллар ва уларнинг параметрлари.....	72
2.1.2. Тўғрилагичнинг чиқиш параметрлари.....	75
2.1.3. Бир тактли тўғрилаш схемалари.....	76
2.1.4. Икки тактли тўғрилаш схемалари.....	80
2.1.5. Тўғрилаш схемаларини нисбий баҳолаш.....	84
2.2. Силликловчи фильтрлар.....	86
2.2.1. Фильтрларнинг силликлаш хусусияти.....	88
2.2.2. Бир звеноли Г-симон LC фильтрлар.....	91
2.2.3. Бир звеноли П-симон LC фильтрлар.....	93
2.2.4. Кўп звеноли Г-симон LC фильтрлар.....	94
2.2.5. Аккумуляторли Г-симон LC фильтрлар.....	95
2.2.6. Резонанс фильтрлар.....	96
2.2.7. LC фильтрлардаги ўтиш жараёнлари.....	97
2.2.8. Актив фильтрлар.....	99
2.3. Стабилизаторлар.....	100
2.3.1. Стабиллаш параметрлари.....	101

2.3.2. Параметрик стабилизаторлар.....	103
2.3.3. Ўзгарувчан кучланишнинг феррорезонансли стабилизаторлари.....	106
2.3.4. Компенсацион стабилизаторлар.....	107
2.3.5. Импульсли кучланиш стабилизаторлари.....	110
2.4. Ўзгартиргичлар.....	112
2.4. 1. Транзисторли Ўзгартиргичлар.....	113
2.4.2. Тиристорли ўзгартиргичлар.....	120
Адабиётлар.....	124

Адабиётлар

1. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А.. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1998.
2. Мкртчян Ж.А. Основы построения устройств электропитания ЭВМ. М.: Радио и связь, 1990.
3. А.А. Бокуняев, Б.В. Горбачёв, Л.Ф. Захаров, М.Ф. Колканов. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций (конспект лекций) – М.: МТУСИ. 2004. 129 с.
4. Китаев В.Е. Электропитание устройств связи. Учебное пособие. М. Радио и связь, 1988г.
5. Хиленко В.И., Хиленко А.В. Электропитание устройств связи. Учебное пособие. М. Радио и связь, 1998г.
6. Конев И.Ю. Источники вторичного электропитания. Справочник .М. Радио и связь, 1983г.
7. Махкамджанов Б.М., Яськова М.Э., Алиев У.Т. Электропитание устройств связи. Учебное пособие. Ташкент, ТУИТ 2005.

АЛОҚА ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР
ТАЪМИНОТИ

Ўқув қўлланма

Қўлланма Тошкени Ахборот Технологиялари
Университети илмий услубий кенгашида кўриб
чикилди (17.01.2008 даги № 5 баённома) ва
нашрга тавсия қилинди.

Муаллифлар:

т.ф.н. Б. М. Маҳкамжонов
катта ўқитувчи У. Т. Алиев
т.ф.н. М.С. Сапаев
катта ўқитувчи Ш.К. Худайбергенов

Маъсул муҳаррир:

т.ф.н. А.А. Абдуазизов

Муҳаррир: А. Хусанова

Бичими 60x84 1/16

Босма табағи – 175. Адади – 200

Буюртма - № 26

Тошкент ахборот технологиялари университети
“АЛОҚАШН” нашриёт-матбаа марказида чоп
этилди.

Тошкент ш, Амир Темур кўчаси, 108 – уй

1070000000