

Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта
махсус таълим вазирлиги

Низомий номидаги Тошкент Давлат
педагогика университети

«Технологик таълим» факультети
«Технологик таълим» кафедраси

Кафедра катта ўқитувчиси

Ю.К.Жўраевнинг

«Меҳнат таълими» таълим йўналиши 2-курс МЕХ-201-203 гуруҳ талабалари
билан «Электротехника, радиотехника ва электроника» фанидан

“Гармоник тебранишли генераторлар”

мавзусида ўтказилган очик дарс материаллари

ТОШКЕНТ – 2020

Эълон

15 февраль 2020 йил соат 10³⁰ (II-жуфтлик) да “Технологик таълим” кафедраси катта ўқитувчиси Ю.К.Жўраевнинг 2-курс МЭХ 201-203 гуруҳ талабалари билан 3-18 хонада очик дарс маъруза машғулотини ўтказди.

Мавзу: Гармоник тебранишли генераторлар.

очик дарс машғулотига киришни хоҳлаган профессор-ўқитувчилар таклиф этилади

Эълон

15 февраль 2020 йил соат 10³⁰ (II-жуфтлик) да “Технологик таълим” кафедраси катта ўқитувчиси Ю.К.Жўраевнинг 2-курс МЭХ 201-203 гуруҳ талабалари билан 3-18 хонада очик дарс маъруза машғулотини ўтказди.

Мавзу: Гармоник тебранишли генераторлар

очик дарс машғулотига киришни хоҳлаган профессор-ўқитувчилар таклиф этилади

Низомий номидаги ТДПУ Технологик таълим факультети
 Технологик таълим кафедраси кафедра катта ўқитувчиси
 Ю.К.Жўраевнинг “Электротехника, радиотехника ва электроника” фанидан
 "Гармоник тебранишли генераторлар"
 мавзусида ўтказилган очик дарсининг
ҳисоботи

1	Очиқ дарсини жадвал асосида ўтказиладиган санаси	15.02. 2020 й.
2	Очиқ дарс ўтказилган сана	15.02. 2020 й.
3	Очиқ дарсини эълон қилинган санаси	10.02. 2020 й.
4	Университет экспертларининг имзоси ва Ф.И.Ш	<p style="text-align: center;">_____ Б.Мухамедсаидов</p> <p style="text-align: center;">_____ А.Умаров</p> <p style="text-align: center;">_____ Р.Абдухаиров</p>
5	Очиқ дарсини кафедрада муҳокамаси	баённома № санаси:

Кафедра мудирини

Р.Г. Исянов

Очиқ дарсини ўтказиётган

профессор- ўқитувчи

Ю.Жўраев

Очиқ дасрга масъул услубчи

Д. Дусмухамедова

Низомий номидаги ТДПУ Технологик таълим факультети

Технологик таълим кафедраси катта ўқитувчиси Жўраев Юнус Куйлиевичнинг

**2020 йил 15 февраль куни ўтказилган очик дарсига Технологик таълим
кафедраси профессори Б.К.Мухамедсаидов томонидан**

ЭКСПЕРТ ХУЛОСАСИ

Йўналиши: - Мехнат таълими

Босқичи: 2 -курс ўзбек гуруҳлари

15.02.2020 й. куни “Технологик таълим” кафедраси катта ўқитувчиси Ю.К.Жўраевнинг “Электротехника, радиотехника ва электроника” фанидан мех-201-203 гуруҳларида "Гармоник тебранишли генераторлар" мавзусида очик маъруза машғулоти бўлиб ўтди. Машғулотда 35 нафар талаба иштирок этди.

Педагог Ю.К.Жўраевда фанга оид ўқув-меъерий хужжатлар, фаннинг ишчи дастури, таквимий режа, фан ўқув-услубий мажмуаси, кўргазмали қуроллар ва топшириқлар мавжуд. Машғулот педагогик ва ахборот технологиялардан фойдаланиш орқали олиб борилди.

Машғулот режаси ва мавзунинг Давлат таълим стандартларига мос равишда ташкил этилди. Ўқув фаолиятини мотивация қилиш босқичида талабалар диққати мавзунинг ҳаёт билан чамбарчас боғланган ҳолда жамланди. Очик машғулотда "Инсерт", "Вен диаграммаси" ва "БББ" каби методлар ҳамда, видеолавҳалардан унумли фойдаланиб, талабалар фаол иштироки таъминланди.

Якуний босқичда фаол иштирок этган талабалар баҳоланди ва мустақил шуғулланиш бўйича уйга вазифалар топширилди.

Ю.К.Жўраевнинг " Гармоник тебранишли генераторлар" мавзусида очик маъруза машғулоти олий таълим талаблари асосида ўтказилди ва 78 балл билан баҳоланди.

**Технологик таълим кафедраси
профессори т.ф.н**

Б.К.Мухамедсаидов

Маъруза машғулотларининг таълим технологияси

Мавзу	Гармоник тебранишли генераторлар
--------------	----------------------------------

Маъруза машғулотининг таълим технологияси

<i>Машғулот вақти</i> -2 соат	Талабалар сони:
<i>Машғулот шакли</i>	Ахборотли маъруза
<i>Маъруза режаси</i>	Автогенераторларнинг ўз-ўзини уйғотиш шартлари LC автогенератор схемаси RC автогенератор схемаси
<p>Ўқув машғулотининг мақсади: Талабаларда автогенераторларни ўз-ўзидан уйғотиш шартлари, LC ва RC автогенераторлар электрон қалитлар, мультивибраторларга оид назарий билимларни шакллантириш. Талабаларда техник тафаккурни шакллантириш.</p>	
<p>Педагогик вазифалари: автогенераторларнинг ўз-ўзини уйғотиш шартлари ҳақидаги маълумотларни баён қилиш; LC автогенератор схемаси тўғрисида маълумотлар бериш; RC автогенератор схемаси тўғрисида маълумотлар бериш;</p>	<p>Ўқув фаолият натижалари: автогенераторларнинг ўз-ўзини уйғотиш шартлари ҳақидаги маълумотларни ўзлаштириш; LC автогенератор схемаси тўғрисида маълумотларга эга бўлиш; RC автогенератор схемаси тўғрисидаги маълумотларни ўзлаштириш;</p>
<i>Таълим бериш усуллари</i>	Маъруза, кўргазмали, суҳбат, “Инсерт”, “Вен диаграммаси”, “Веер” технологиялари
<i>Таълим бериш шакллари</i>	Жамоавий, кичик гурҳларда ишлаш
<i>Таълим бериш воситалари</i>	Ўқув қўлланма, проектор, доска, компьютер
<i>Таълим бериш шароити</i>	ЎТВ билан ишлашга мослаштирилган аудитория
<i>Мониторинг ва баҳолаш</i>	Оғзаки назорат: савол-жавоб

**“Гармоник ва импульс тебранишли генераторлар” маъруза машғулотининг
технологик харитаси**

Иш босқичлари ва вақти	Фаолият мазмуни	
	Таълим берувчи	Таълим олувчилар
Кириш босқичи (15 дақиқа)	1.1. Уйга берилган вазифа текширилади ва баҳоланади 1.2. Янги машғулотнинг мавзуси, режаси ва мақсади баён қилинади. (1-илова) 1.3. Талабаларга янги мавзу юзасидан саволлар бериб билимларини фаоллаштиради (2-илова).	Уйга вазифани тақдим этадилар. ёзиб оладилар ва саволларга жавоб берадилар
Асосий босқич (55 дақиқа)	2.1. “Инсерт” методи ҳақида талабаларга маълумот берилади. Талабалар билимларини фаоллаштириш мақсадида талабалар кичик гуруҳларга бўлинади, улар учун маъруза матни тарқатилади. Берилган маъруза матни “Инсерт” методидан фойдаланган ҳолда гуруҳлар томонидан таҳлил қилинади. Талабалар томонидан умуман янги бўлган маълумотларга маъруза жараёнида ўқитувчи кўпроқ эътибор қаратади (3-илова).	“Инсерт” методидан фойдаланиб берилган маъруза матнини таҳлил қилишади
	2.2. Автогенераторларнинг ўз-ўзини уйғотиш шартлари ҳақидаги маълумотлар баён қилинади (4-илова)	тинглайдилар, ёзиб оладилар
	2.3. LC автогенератор схемаси тўғрисида маълумотлар берилади (5-илова).	тинглайдилар, ёзиб оладилар
	2.4. RC автогенератор схемаси тўғрисида маълумотлар берилади (6-илова).	тинглайдилар, ёзадилар
	2.5. Электрон қалитлар ҳақида назарий маълумотлар берилади (7-илова)	тинглайдилар, ёзиб оладилар
	2.6. Мульти vibratorлар тўғрисида назарий маълумотлар берилади (8-илова)	тинглайдилар, ёзадилар
	2.7. Талабаларга “Вен диаграммаси” ёрдамида LC ва RC автогенераторининг умумий ва хусусий томонларини аниқлаш вазифаси қўйилади. Диаграмманинг тўлдирилиши назорат қилинади. Керакли кўрсатмалар берилади (9-илова).	“Вен диаграммаси” ни тўлдирадилар
Яқуний босқич (10 дақиқа)	3.1. Тезкор саволлар бериш орқали мавзу мустаҳкамланади. (10-илова) 3.2. Мавзу бўйича яқуний хулоса ясайди, муҳим жиҳатларга иштирокчилар диққатини жалб қилади, мавзу юзасидан талабаларни қизиқтириган саволларига жавоб беради. 3.3. Уй вазифа беради: Веер” технологияси ёрдамида LC ва RC-автогенераторларининг афзаллик ва камчилик томонлари ҳақида ўрганиб келиш. (11-илова).	Саволларга жавоб берадилар. Саволлар беришади Вазифани ёзиб оладилар.

Мавзу: Гармоник тебранишли генераторлар

Режа:

1. Автогенераторларнинг ўз-ўзини уйғотиш шартлари
2. LC автогенератор схемаси
3. RC автогенератор схемаси

Дарснинг мақсади: Талабаларда автогенераторларни ўз-ўзидан уйғотиш шартлари, LC ва RC автогенераторлар электрон калитлар, мультивибраторларга оид назарий билимларни шакллантириш. Талабаларда техник тафаккурни шакллантириш..

Талабалар билимларини фаоллаштириш мақсадида қуйидаги саволлар берилади

1. Тебраниш деганда нимани тушунасиз?
2. Эркин тебраниш нима
3. Мажбурий тебраниш нима
4. Автогенератор нима мақсадда ишлатилади?
5. Электрон калит ҳақида қандай маълумотга эгасиз?

“Инсерт” технологияси

1. Маъруза матнини ўқиб матннинг четига қуйидаги белгиларни мувофиқ равишда қўйиб чиқинг.

“Б” - биламан (мен билган маълумотларга мос);

“+” - мен учун янги маълумот;

“-“ - мен билган маълумотни инкор қилади;

? - мен учун тушунарсиз ёки маълумотни аниқлаш, тўлдириш талаб этилади.

2. Олинган натижаларни жадвал шаклида расмийлаштиринг.

№	Мавзу саволлари	Б	+	-	?
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

Маъруза матнидаги белгиларга таянган холда, “-“ ва “?” белгилардаги жумлалар қайта ўрганиш орқали мавзуга оид билимлар мукамаллаштиришади.

Автогенераторларнинг ўз-ўзини уйғотиш шартлари

Ўзгармас ток электр энергиясини талабдаги частота ва қувватга эга бўлган синусоидал шаклдаги электромагнит тебранишлар энергиясига айлантириб берувчи электрон қурилмаларга гармоник тебранишли генераторлар дейилади.

Гармоник тебранишли генераторлар икки сифатига – частотаси ҳамда уйғотиш услубига қараб синфларга ажратилади. Ҳосил бўладиган тебранишлар частотасига қараб генераторлар паст частотали (0,01-100 кГц); юқори частотали (0,1-100 мГц); ўта юқори частотали (100 мГц дан юқори) генераторларга бўлинади.

Уйғотилиш усулига қараб мустақил уйғонувчи ва ўз-ўзидан уйғонувчи (автогенератор) генераторларга ажратилади.

Мустақил уйғонувчи генераторлар юқори частотали қувват кучайтиргичлари бўлиб, уларнинг киришига автогенераторлардан тебранишлар узатилади. Юқори частотали ва паст частотали генераторлар электроника саноатида кенг тарқалган.

6.1-расмда автогенераторлар схемасининг тузилиши келтирилган бўлиб, у \tilde{K} кучайтириш коэффициентли кучайтиргич ва $\tilde{\beta}$ тескари боғланиш коэффициентига эга бўлган мусбат тескари боғланиш занжиридан иборат.

Тескари боғланиш занжири сифатида частотага боғлиқ C тебранишли контури (юқори частотали автогенераторларда) ва RC - тўрт қутибли занжирлар (паст частотали автогенераторларда) қўлланилади.

Тескари боғланишли кучайтиргичларда кириш ва чиқиш кучланишлар қуйидагича ўзаро боғлиқ бўлади:

$$\dot{U}_{кир} = \tilde{\beta} \dot{U}_{чик} \quad (6.1)$$

$$\dot{U}_{чик} = \tilde{K} \dot{U}_{кир} \quad (6.2)$$

(6.1) ва (6.2) дан

$$\dot{U}_{кир} = \tilde{K} \tilde{\beta} \dot{U}_{чик} \quad (6.3)$$

Тенгламаси келиб чиқади ва у қуйидаги шарт бажарилганда ўринли бўлади:

$$\tilde{K} \tilde{\beta} = 1 \quad (6.4)$$

(6.4) шартнинг бажарилиши автогенераторларда сўнмас тебра нишларни таъминлайди. (6.4)

тенгламадаги \tilde{K} ва $\tilde{\beta}$ катталаиклар комплекс катталиклар ҳисобланади, шунинг учун

$$|\tilde{K}| e^{j\varphi} / |\tilde{\beta}| e^{j\psi} = K e^{j\varphi} \beta e^{j\psi} \quad (6.5)$$

ни ёзиш мумкин, бунда $|\tilde{K}|/K$ ва $|\tilde{\beta}|/\beta$ - кучайтириш ва тескари боғланиш коэффициентларининг модуллари φ ва ψ тескари боғланиш занжирида K ва β кириш ва чиқиш кучланишларининг фазовий силжишларини аниқловчи аргументлари. (6.5) тенглик қуйидаги шартларда бажарилиши керак:

$$\Phi + \Psi = 0, K\beta = 1 \quad (6.6)$$

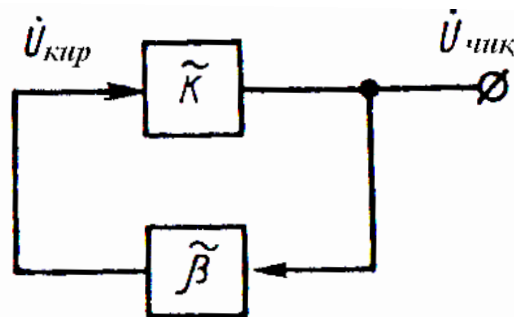
(6.6) нинг биринчи тенгламаси фазалар баланси, иккинчиси амплитудалар баланси шартлари деб аталади. Фазалар баланси шarti схемада мусбат тескари боғланиш мавжудлигини билдиради. Амплитудалар баланси шarti автогенераторда энергия йўқолиши манбаидан мусбат тескари боғланиш занжири ёрдамида тўлдирилишига мос келади. Одатда K ва β қийматлари қуйидагича танлаб олинади.

$$K\beta \geq 1 \quad (6.7)$$

Кучайтиргич киришида бирор сабабга кўра пайдо бўлган кучсиз тебранишлар кучайтиргич ёрдамида K марта кучайтирилади ва тескари боғланиш занжири ёрдамида кучайган тебранишнинг бир қисми худди ўша фазада, бироқ бошланғич тебранишга нисбатан ката амплитуда билан кучайтиргичнинг киришига қайтадан берилади.

Сўнгра улар яна кучайтирилади ва жараён такрорланади. Бундай режимда тебранишлар амплитудаси $K\beta \geq 1$ шартига мос равишда ортиб боради. Кириш кучланиши амплитудасининг ошиши билан кучайтиргичнинг амплитуда характеристикасининг нозиклиги (тўйиниш соҳаларига эга бўлиши) сабабли кучайтириш коэффициенти пасаяди ва $K\beta$ кўпайтма бирга тенг бўлиб қолади. Бунда юзага келган автотебранишлар режимига мос келувчи амплитудали барқарор тебранишлар ҳосил бўлади.

Умумий ҳолда K ва β катталиклар частотага боғлиқ бўлади. Шунинг учун мусбат тескари боғланиш ихтиёрий кучайтиргичда ўз-ўзидан уйғониш шартлари бажарилганда автотебранишлар пайдо бўлади. Агар бу шартлар битта частота учун бажарилса, у ҳолда гармоник тебранишлар юзага келади, агарда бир вақтнинг ўзида бир неча частоталар (ёки частоталар кенглиги) учун бажарилса, у ҳолда бир неча (ёки кўп сонли) гармоник ташкил этувчилардан иборат мураккаб шаклли тебранишлар пайдо бўлади.



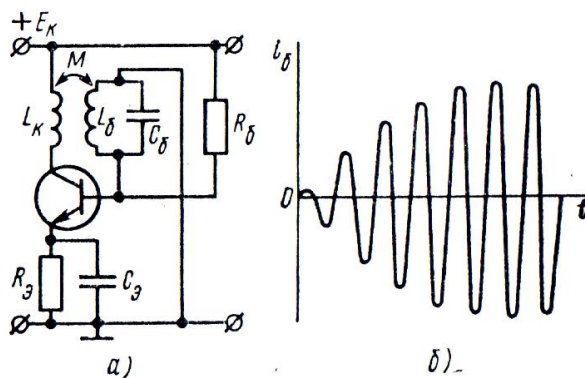
6.1-расм. Автогенератор структура схемаси

5-илова

LC-автогенератор схемаси

LC-автогенераторлар одатда бир каскадли кучайтиргичда бажарилади, унда мусбат тескари боғланиш занжири сифатида LC-резонанс контур қўлланилади.

Бундай генераторларнинг оддий схемаси 6.2-а-расмда келтирилган. Резонанс контурининг L_δ -ғалтаги коллектор занжирига уланган транзисторнинг L_k ғалтак билан индуктив боғланган.



6.2-расм. LC автогенератори:

а) принципиал схемаси;

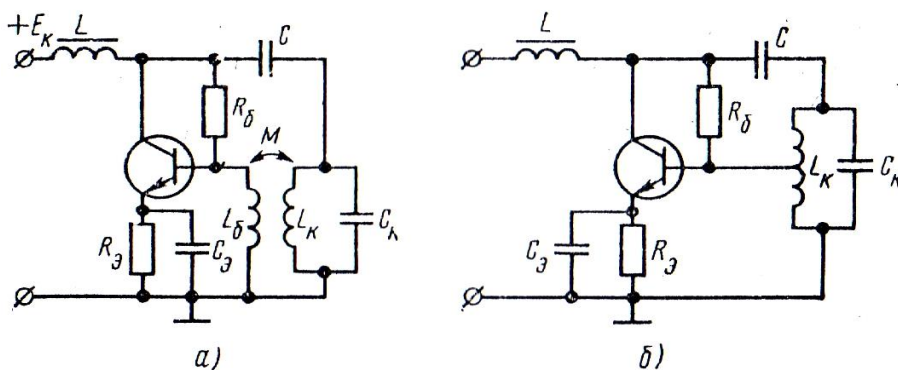
б) автогенераторда сўнмас тебранишларнинг ҳосил бўлиши.

Манба кучланиши берилганда тебраниш контурида $r\sqrt{L_\delta / C_\delta}$ шарт бажарилганида $\omega_0 = 1/\sqrt{L_\delta / C_\delta}$ частотали кучсиз тебранишлар юзага келади, контурда юзага келадиган i_δ ўзгарувчан тебраниш токи транзистор ёрдамида кучайтирилиб, L_k ғалтак орқали тебранишлар L_δ, C_δ тебраниш контурига қайтади. Тебранишлар кўлами секин аста маълум қийматгача ортиб боради, чунки транзистор коллектор токининг чексиз ортиб кетишига йўл қўймайдиган чекловчи қурилма ҳисобланади (6.2-б расм). Ушбу схемада амплитудалар баланси шarti шундай йўлга қўйилганки, ω_0 резонанс частотасида контурдаги энергия йўқотилиши, L_k ғалтак орқали бериладиган манба энергияси ҳисобига тўлдирилади.

Қаралаётган автогенераторларда фазалар баланси шarti (6.6) га мувофиқ чиқиш (коллектор) U_k кучланиши U_δ кучланишига нисбатан 180° га фаза силжитиш йўли билан амалга оширилади (чунки улар орасидаги фаза бурчаги 180° га тенгдир). Амалда бу шарт индуктив ғалтакларнинг тегишли чўлғами ёрдамида бажарилади. (резонанс контур ҳамда коллектор занжири ғалтаклари чўлғамларининг йўналиши қарама-қарши бўлиши керак).

Кучайтиргичнинг база занжирига уланган тебраниш контуридаги қувват унча катта бўлмайди, чунки транзисторнинг база занжиридаги ток ва кучланиш кичик қийматга эга бўлади. Шу сабабли бундай схемали автогенераторлар кам қўлланилади. Тебраниш контури 6.3.а-расмдагидек схемага уланган автогенераторлар кўпроқ қўлланилади.

Бундай автогенераторларда тебраниш контурининг қуввати 6.2.а-расмда схемаси келтирилган автогенераторлардагидек анча катта, чунки тебраниш контури тўғридан тўғри манбага уланган. Автогенератордаги C конденсатор коллектор токининг ўзгармас ташкил этувчиси L_k ғалтакка ўтиб кетишининг олдини олади. Акс ҳолда чўлғамнинг қўшимча қизиқ кетишига, ўзақдан фойдаланилганда эса – унинг қўшимча магнитланишига олиб келган бўлар эди. L - дроссель контурининг ўзгарувчан ташкил этувчиси E_k манба орқали қисқа тутушувининг олдини олади. Бу автогенераторда ҳам, 6.2.а-расмда келтирилган автогенератордаги каби, трансформаторли тескари боғланиш ишлатилган. 6.3.б-расмда эса автотрансформаторли индуктив тескари боғланиш схемаси ишлатилган. Бунда контур схемага учта нуқта орқали уланади.



6.3-расм. Коллектор занжирида тебраниш контурли автогенератор схемаси (а) ва автотрансформаторли тескари алоқа (б).

Уч нуқтали индуктив схемали автогенератордан ташқари, уч нуқтали сиғим автогенераторлар ҳам мавжуд. Автогенераторларнинг уч нуқтали схемали тузилишининг назарий жиҳатдан ток ва кучланишнинг ўзгарувчан ташкил этувчилари учун ўринли бўлган, умумлашган эквивалент схемани таҳлил қилиш ёрдамида асослаб бериш мумкин. (6.4-расм. Бу схемада контур x_1, x_2, x_3 реактив қаршиликлардан иборат бўлиб, уларнинг характер ва катталикларини фаза ҳамда амплитуда балансларининг шартлари орқали аниқлаш мумкин. Фаза баланс боғланиш x_2 қаршилиқ ёрдамида амалга оширилади.

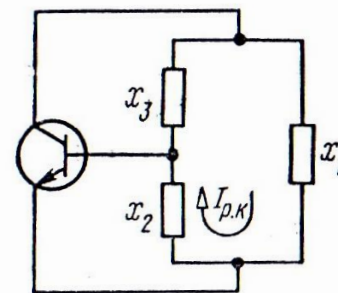
6.4-расм. Тебраниш контури резонанс ҳолатда бўлиши учун x_2, x_3 реактив қаршиликларнинг йиғиндиси x_1 нинг реактив қаршилигига тенг ва қарама-қарши характерга эга бўлиши керак.

Бунда иккита ҳол бўлиши мумкин:

1) Агар x_1 реактив қаршилиқ сиғим хусусиятларига эга бўлса, у ҳолда x_2 ва x_3 реактив қаршиликларнинг йиғиндиси индуктив хусусиятга эга бўлиб, катталик жиҳатдан эса x_1 қаршилиқка тенг бўлади;

2) Агар x_1 реактив қаршилиқ индуктив хусусиятга эга бўлса, у ҳолда x_2 ва x_3 реактив қаршиликларнинг йиғиндиси сиғим хусусиятга эга бўлиб, катталик жиҳатдан x_1 қаршилиқка тенг бўлади.

Контурдаги U_1 ва тескари боғланиш занжиридаги U_2 кучланишлар бир хил фазада бўлса, фазалар баланс шarti бажарилади, бу эса x_1 ва x_2 қаршилиқлар бир хил хусусиятга эга бўлганда, яъни x_1 ва x_2 – L индуктив



6.4-расм. Автогенераторнинг умумлашган уч нуқтали схемаси

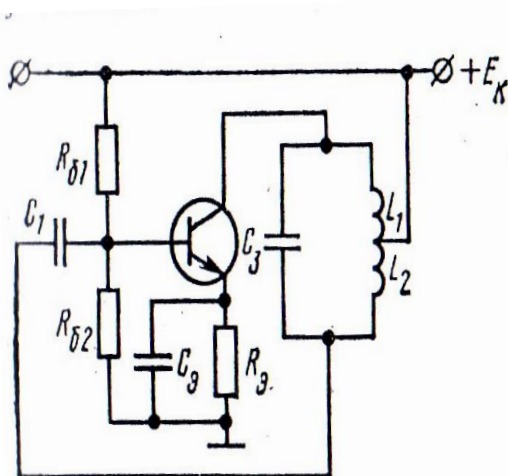
Ғалтак, ёки конденсаторлардан иборат бўлганда мумкин бўлади. Ушбу тасдиқлашни U_1 ва U_2 кучланишларнинг ўзгарувчан ташкил этувчилари учун ифодаларни ёзиб осон текшириш мумкин. Улар мос равишда кучайтиргичнинг чиқиш U_K ва тескари боғланишнинг U_6 кучланишлари ҳисобланади:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= jx_1 \dot{I}_{p.k} & \text{ва} & \dot{U}_2 = jx_2 \dot{I}_{p.k} \\ & & \text{ёки} & \\ \dot{U}_1 &= -jx_1 \dot{I}_{p.k} & \text{ва} & \dot{U}_2 = -jx_2 \dot{I}_{p.k} \end{aligned}$$

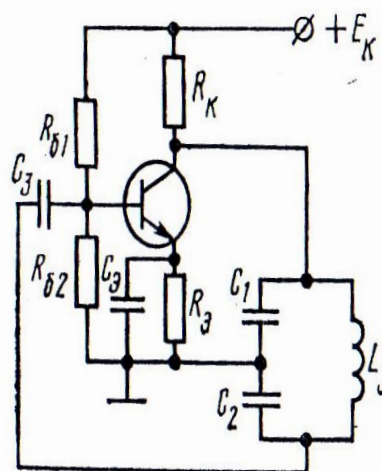
Бу ерда $I_{p.k}$ – контурнинг резонанс токи.

x_1 ва x_2 қаршилиқлар ҳар хил хусусиятга эга бўлганда \dot{U}_1 ва \dot{U}_2 кучланишлар фаза бўйича 90° га силжиган бўлиб, фазалар баланси шarti бузилган бўлар эди.

Тебраниш ҳосил қилиш учун реактив қаршилиқ x_3 характери бўйича x_2 реактив қаршилиқ характериға қарама-қарши ва x_3 қийматига x_2 нинг қиймати катта бўлиши керак.



6.5-расм. Индуктив уч нуқтали автогенератор схемаси



6.6-расм. Сигим уч нуқтали автогенератор схемаси

x_1 ва x_2 – индуктив ғалтаклар, x_3 – конденсатордан иборат автогенератор схемасини индуктив уч нуқтали автогенератор схемаси дейилади. (6.5-расм). Агар x_1 ва x_2 конденсатордан x_3 эса индуктив ғалтақдан иборат бўлса сигимли уч нуқта деб юритилади (6.6-расм).

Уч фазали индуктив ва сигим схемаларда амплитудалар баланси $\beta = x_2/x_1$, тескари боғланиш коэффициентининг $K\beta \geq 1$ шарт бажариладиган маълум қийматларида бажарилади. Бунга 6.5 расмдаги схемада L_1 ва L_2 индуктивликларнинг қийматини ва 6.6-расмдаги схемада C_1 ва C_2 сигимлар қийматини ростлаш йўли билан эришилади.

Автогенераторларда баъзан гармоник тебранишлар шаклининг бузилиши кузатилади. Бу ўз-ўзини уйғотиш шартлари контурнинг резонанс частотасига яқин бўлган қатор гармоник ташкил этувчилар учун бажарилашини билдиради. Одатда бундай ходиса контурларининг сифат қиймати жуда кичик бўлган автогенераторларда юз беради. Автогенераторларда ушбу ҳодисани йўқотиш учун контурнинг сифат қиймати бир неча юз бирликка тенг бўлган контурлардан фойдаланиш лозим.

Тескари боғлиниш коэффициенти β катта қийматга эга бўлган ҳолда ҳам шундай ходиса кузатилади, бунинг йўқотиш учун транзисторнинг эмиттер занжирига (C_3 конденсатор бўлмаган ҳолда) ростланадиган манфий тескари боғланиш ҳосил қилувчи R_3 ўзгарувчан резистор уланади. R_3 резисторнинг мавжуд бўлиши ҳосил қилинадиган тебранишлар амплитудасини стабиллаштириш имконини беради.

LC- автогенераторнинг энг катта камчилиги бу ҳосил бўлаётган тебраниш частотаси, ҳарорат ўзгаришига транзисторнинг иш режимига, манба кучланишининг ўзгаришига таъсирчандир.

Тебранишлар частотасининг чегараланган қийматидан четга оғиши белгиланган частотада ишловчи баъзи электрон қурилмаларнинг (резонанс кучайтиргич, фаза ўзгартиргич ва бошқа) ишламай қолишига ёки катта хатолик билан ишлашига олиб келади.

Дестабилаштирувчи омилларнинг частота ностабиллигига таъсири тебраниш контуридаги конденсаторлар сиғими ва ғалтакларнинг индуктив катталиклари ўзгаришида намоён бўлади. Бу тебранишлар частотасини контурдаги конденсаторлар сиғимининг ҳамда ғалтаклар индуктивлигининг абсолют қийматлари эмас, балки уларнинг турли паразит сиғим ва индуктивликларни (уларнинг катталиклари ҳароратга, механик таъсирларга, ташқи электромагнит майдонларнинг таъсирига ва бошқаларга боғлиқ бўлади) ўз ичига олувчи эквивалент қийматлари белгилайди.

Частота ностабиллиги частота абсолют четлашиш Δf нинг ишчи частота f_0 га нисбати орқали ифодаланади:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{2} \left| \frac{\Delta L}{L_k} + \frac{\Delta C}{C_k} \right| \quad (6.8)$$

Бу ерда ΔL ва ΔC - ғалтак индуктивлигининг ва конденсатор сиғимининг дестабилаштирувчи омиллар таъсирида ўзгариш қиймати.

Ҳароратнинг таъсири индуктив ғалтаклар ва конденсаторларнинг чизиқли ўлчамларининг ўзгаришида кўринади. Масалан, ҳарорат ортиши билан кўрсатилган элементларнинг чизиқли ўлчамлари ортади, натижада тебраниш контурининг сиғими ва индуктивлиги мос равишда ΔC ва ΔL катталикларга ўзгаради. Ҳарорат

1°C га ўзгарганда конденсатор сиғимининг нисбий ўзгариши $\frac{\Delta C}{C}$ га сиғимнинг ҳарорат коэффициенти

дейлади. (КХК). У мусбат ёки манфий бўлиши мумкин. Масалан керамик конденсаторлар тахминан $(30-50) \cdot 10^{-6}$ мусбат ва $(30-50) \cdot 10^{-6}$ манфий (КХК) билан ишлаб чиқарилади. Ҳарорат 1°C га ўзгарганда ғалтак

индуктивлигининг $\frac{\Delta L}{L}$ нисбий ўзгариши индуктивликнинг ҳарорат коэффициенти ИХК дейлади.

Термостабиллиги энг яхши бўлган ғалтакларнинг ИХК $(50-100) \cdot 10^{-6}$ катталиққа эга. Шунингдек, ҳосил қилинадиган тебранишларнинг частотаси ҳарорат ўзгариши сабабли юз берадиган ностабилликка, транзисторлар параметрларининг ўзгариши кучли таъсир қилади.

Частотанинг ностабиллигини камайтириш учун асосан икки усул ишлатилади: параметрли ва кварцли частотани стабиллаштириш.

Частотани параметрли стабиллаштириш усулида автогенераторларда ҳосил қилинадиган тебранишлар частотасига биринчидан ташқи омиллар таъсирини сусайтиришдан, иккинчидан тебранишлар частотанинг ўзгармаслигини таъминловчи генератор элементларини танлашдан иборат. Биринчиси, масалан, тебраниш контури ташқи электромагнит тўлқинлардан ҳимоя қилиш учун, уни экранланади. Вибрация таъсирини камайтириш учун эса генератор йиғилган асоси оғирроқ қилиб танланади. Иккинчиси генераторга бир вақтнинг ўзида мусбат ва манфий сиғим ҳарорат коэффицентли КХК конденсаторларнинг уланишидан иборат бўлиб, у ҳарорат ўзгаришларининг таъсирини пасайтиради. Параметрли стабиллаштириш частота ностабиллигини 10^{-5} гача пасайтириш имконини беради.

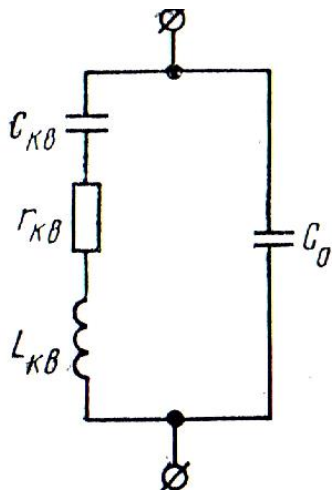
Частотани кварцли стабиллаштириш кварц резонаторларини қўллашдан иборат бўлиб, жуда паст, одатда 10^{-7} тартибли, частота ностабиллигини беради.

Кварц резонатор кварц тутгичга ўрнатилган тўғри тўртбурчак ёки доира шаклидаги юпка минерал (кварц ёки турмалин) пластинкадан иборат бўлади. Маълумки, кварц пьезоэффект хусусиятига яъни кварц пластинка сиқилганда унинг қарама-қарши қирраларида турли хил ишорали электр зарядлар пайдо бўлади, пластинка чўзилганда эса худди ўша қирраларда зарядлар ишоралари алмашади. Кварц пластинкага ўзгарувчан электр майдон таъсир қилганда, унда эластик механик тебранишлар юзага келиб, улар ўз навбатида қирраларда электр заряди пайдо бўлишига олиб келади. Шундай қилиб, кварц кристалли пластинкаси резонанс хусусиятига эга бўлган электромеханик тизимдан иборатдир. Геометрик ўлчамлари ва кесимининг йўналтирилганлигига қараб ҳар бир пластинканинг резонанс частотаси қатъий индивидуал бўлиб, бир неча ўн килогерцдан бир неча ўн мегагерц оралиқда бўлади.

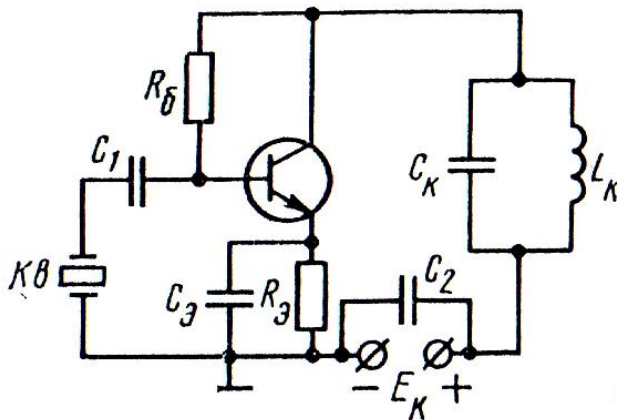
Кварц резонатори электр тебраниш контурига эквивалентдир. Кварц резонаторининг эквивалент схемаси 6.7-расмда тасвирланган. Схемадан кўринадики, кварц кетма-кет уланган $C_{кв}$, $L_{кв}$, $r_{кв}$ элементлар ва уларни шунтловчи C_0 кварц тутгичини характерли сиғимга эквивалентдир.

Кварцнинг индуктивлиги $L_{кв}$ сезиларли катталиққа ўнлаб микрогенридан бир неча миллигенригача етади. Кварцнинг $C_{кв}$ сиғими кичик (пикофараднинг юздан бир қисмигача) Кварц резонатор ўткир резонансга эга бўлиб, $r_{кв}$ қаршилиги одатда ўн Ом гача бўлади. Шунинг учун кварцнинг сифат қиймати 10^5-10^6 гача етади, яъни индуктив ғалтак ва конденсатор каби дискрет элементларда бажарилган контурларнинг сифатидан 10^2-10^3 марта катта. Кварц резонаторнинг эквивалент схемасидан кўриниб турганидек, у иккита резонансга эга

бўлиши мумкин; кучланиш резонанси ($\omega_U = \frac{1}{\sqrt{L_{к\beta} C_{к\beta}}}$ резонанс частотали) ва ток резонанси ($\omega_I = 1/\sqrt{C_{экв} L_{экв}}$) бу ерда $C_{экв} = C_0 C_{к\beta} / (C_0 + C_{к\beta})$. $C_0 > C_{к\beta}$ бўлгани учун резонанс ω_U ва ω_I частоталар бир биридан кам фарк қилади.



6.7-расм. Кварц резонаторининг эквивалент схемаси



6.8-расм. Частотани кварц билан стабиллаштирувчи автогенератор схемаси.

ω_U ва ω_I частоталар қийматларидан фаркли қийматларда кварц резонаторининг эквивалент қаршилиги сиғим ёки индуктив хусусиятга эга бўлади. Шу сабабли кварц генераторга турлича схемада уланиши мумкин. Кварц резонатори тескари боғланиш занжирига тебраниш контури сифатида (6.8-расм) ёки уч нуктали автогенераторга тебраниш контури тармоғининг индуктив элементи сифатида улаш мумкин. (6.6-расмга қаранг).

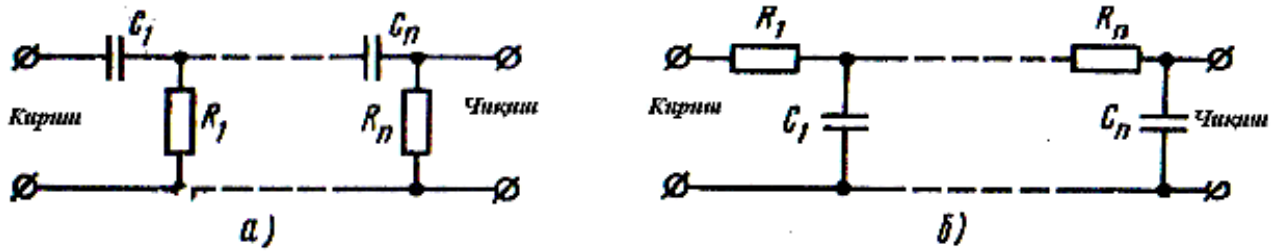
Частотани кварц усулда стабиллаштириш одатда бир хил частотада ишловчи автогенераторларда фойдаланилади. Частотани стабиллаштиришда кварцдан ташқари турмалин пластинкалари ҳам ишлатилади, бироқ бу минерал кварцдан қиммат бўлгани сабабли кам қўлланилади. Паст частотани стабиллаштириш учун камертонли ёки махсус қоришмадан ясалган магнитострикцион вибраторлар қўлланилади.

6-илова

RC-автогенератор схемаси

Инфра паст ва паст частотали гармоник тебранишларни ҳосил қилиш учун тебраниш контуридаги ғалтакларнинг индуктивлиги ҳамда конденсаторларнинг сиғими катта қийматларга эга бўлиши керак. Шу сабабли LC- автогенераторлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ эмас. Инфра паст ва паст частотали гармоник тебранишларни ҳосил қилиш учун RC-автогенераторлардан фойдаланилади. RC-автогенераторлар бир неча Герцдан бир неча мегаГерцгача ишлай олади. Бироқ LC- автогенераторлар билан солиштирганда RC- автогенераторларнинг устунлиги айнан паст ва инфрапаст частоталарда намоён бўлади, чунки бу частоталар диапазонида тебранишлар параметрлари стабил бўлган резистор ва конденсаторлардан фойдаланиш ҳисобига стабиллиги юқори бўлган частотага эга бўлади. Бундан ташқари бир хил истеъмол қувватига RC- автогенераторлар LC-автогенераторларга нисбатан кичик ўлчамга, массага ва таннархга эга бўлади. Юқорида кўрилган 6.1-расмда автогенераторнинг тузилиш схемаси ифодаланган. RC-автогенератори бир ёки кўп каскадли кучайтиргичдан ва RC кўринишидаги тескари боғланиш занжирлардан иборат бўлади.

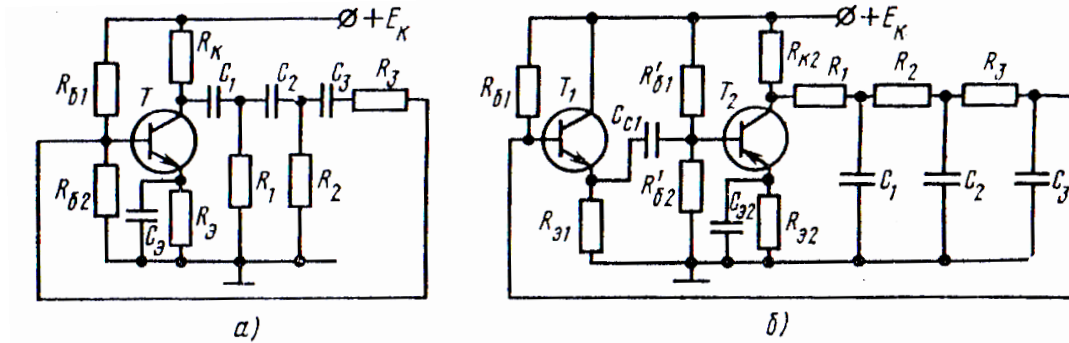
RC-автогенераторларда қўлланиладиган Г-симон (6.9.а,б-расм). Вин кўприги ва Т-симон кўприк схемали кўринишидаги RC занжирлар частотага боғлиқ занжирлар ҳисобланади.



6.9-расм. Частотага боғлиқ занжирлар: а) Г симон дифференциал RC занжир;

Г-симон тескари боғланишли RC-автогенератори. Бу автогенератор (6.10-расм) мусбат тескари боғланишли кучайтиргич каскадидан иборат. Кучайтиргичнинг кириш ва чиқиш кучланишлари фаза бўйича 180° га силжигандир. Агар чиқиш кучланишини бевосита кучайтиргич киришига берилса, у ҳолда манфий тескари боғланиш ҳосил бўлиб, генерация ҳосил бўлмайди. Фазалар баланси шarti бажарилиши учун кучайтиргични чиқишидан киришига узатиладиган тебраниш фаза бўйича 180° га силжитиш керак. Бу вазифани учта бир хил RC элементларидан иборат Г-симон RC занжирлар бажаради, ҳар бир RC қисм тебраниш фазасини 60° га силжита олади.

Уч қисмли дифференциалловчи RC занжирлар. Бундай занжирнинг схемаси 6.11.а-расмда кўрсатилган. Унинг частотавий ва фазавий характеристикасини аниқлайлик. Бунинг учун унинг комплекс



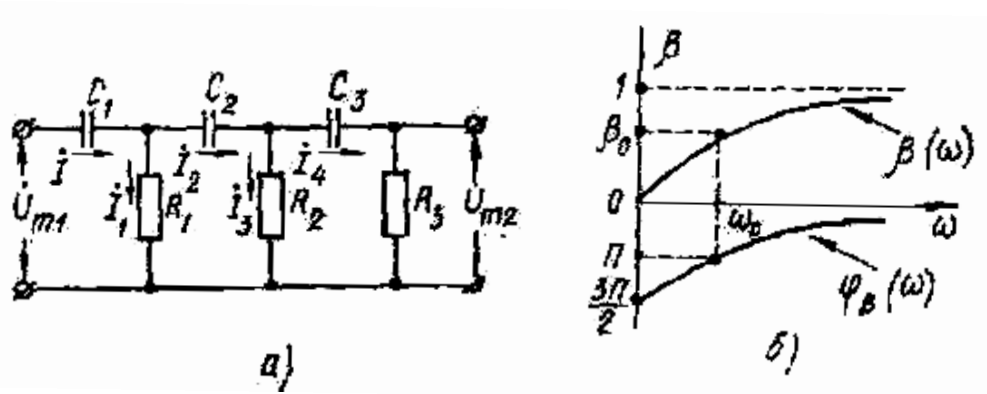
6.10-расм. Г симон RC занжирли фаза силжитувчи автогенератор схемаси: а) бир каскадли б) икки каскадли

узатиш коэффициенти β ни топиш керак.

Кирхгоф тенгламасини ёзиб:

$$\begin{aligned}
 i_1 &= i_2 & i_1 R_1 &= i_2 \frac{1}{j\omega C_2} + R_2 i_3 \\
 i_2 &= i_3 + i_4 & i_3 R_3 &= i_4 \left(\frac{5}{j\omega C_3} + R_3 \right) \quad (6.9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{m1} &= i \frac{1}{j\omega C_1} + R_1 i_1 & U_{m2} &= i_4 R_3
 \end{aligned}$$



6.11-расм. Уч қисмли дифференциалловчи RC занжир (а) ва унинг частотавий ва фазавий характеристикаси (б).

(6.9)

тизимдаги тоқларнинг ифодаларини йўқотиб ва соддалаштииб, сўнг β ни аниқлаш керак:

$$\beta = \frac{U_{m2}}{U_{m1}} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\omega^2 C_2 R_2^2 C_3} + \frac{1}{\omega^2 C_1 C_2 R_2^2} + \frac{R_2}{\omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2^2} + \frac{1}{\omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2} + \frac{1}{\omega^2 C_1 C_2 R_1 R_3} \right] + j \left[\frac{1}{\omega^2 C_1 C_2 C_3 R_1 R_2^2} + \frac{R_2}{\omega^2 C_3 R_2^2} + \frac{1}{\omega C_2 R_2} + \frac{1}{\omega C_1 R_2} + \frac{1}{\omega C_1 R_1} + \frac{1}{\omega C_2 R_3} + \frac{1}{\omega C_1 R_3} \right]} \quad (6.10a)$$

(6.10a) ифода махражининг ҳақиқий қисмини «а» маъхум қисмини «б» деб белгиласак, у қуйидаги содда кўринишга келади:

$$\beta = \frac{1}{\alpha + jb} \quad (6.10b)$$

Унинг модули

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + b^2}} \quad (6.11)$$

тескари боғланиш занжирининг частотавий характеристика аргументи эса қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\varphi_\beta = \arctg \frac{b}{\alpha} \quad (6.12)$$

у фазавий характеристикасини ифодалайди. Бу икки катталикнинг қийматлари график шаклида кўрсатилган (6.11.б-расмда). Унда ω_0 частотада $b=0$ бўлиб, фаза силжиши эса π га тенг экани кўринади. Қолган частоталарнинг фаза силжишлари эса π дан фарқли бўлади. Шунинг учун генераторда фақат ω_0 частотали тебранишлар ҳосил бўлади. Хусусий ҳолда $R_1=R_2=R_3=R$ ва $C_1=C_2=C_3=C$ бўлса, бу частота

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{6RC}} \quad (6.13)$$

га тенг бўлади.

Бу ҳолда амплитудалар шарти бажарилиши учун $\beta_0 = \frac{1}{29}$, яъни кучайтириш коэффициенти $K \geq 29$

бўлиши керак.

Уч қисмли интегралловчи RC занжирлар (6.12.а-расм) Агар $C_1=C_2=C_3=C$ ва $R_1=R_2=R_3=R$ бўлса у ҳолда Кирхгоф тенгламаларини ёзиб соддалаштириш ўтказилса, филтърнинг узатиш коэффициенти учун қуйидаги ифода ҳосил бўлади:

$$\dot{\beta} = \frac{\dot{U}_{m2}}{\dot{U}_{m1}} = \frac{1}{(1-5\omega^2 C^2 R^2) + j(6\omega RC - \omega^3 R^3 C^3)} \quad (6.14)$$

унинг модули

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{(1-5\omega^2 C^2 R^2)^2 + (6\omega RC - \omega^3 R^3 C^3)^2}} \quad (6.15)$$

занжирнинг частотавий характеристикасини, аргументи қуйидаги формула билан ифодаланади.

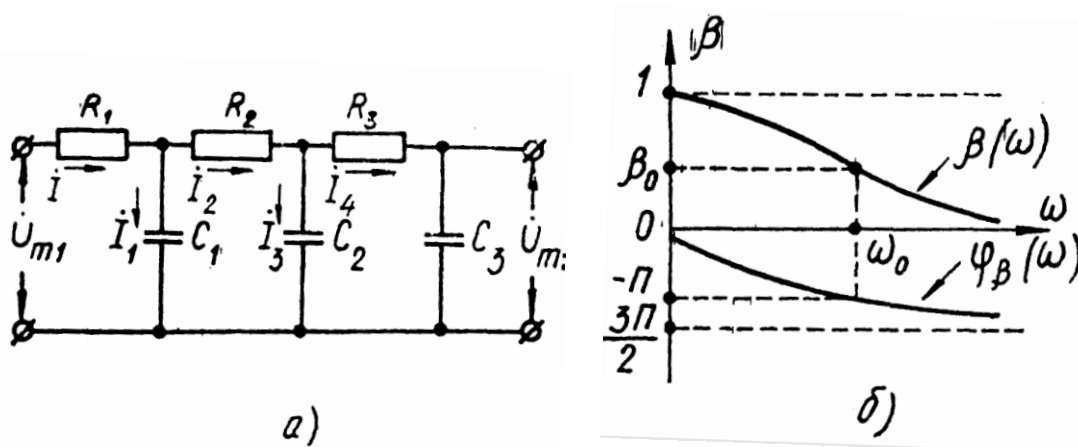
$$\varphi_\beta = -\arctg \frac{6\omega RC - \omega^3 R^3 C^3}{1 - 5\omega^2 R^2 C^2} \quad (6.16)$$

у фазавий характеристикасини ифодалайди 6.12.б-расм) (6.15) ва (6.16) ифодалар генерация шартлари

$$\omega_0 = \frac{\sqrt{6}}{RC} \quad (6.17)$$

частотада бажарилишини ва бунда $K \geq 29$ бўлиши кераклигини кўрсатади.

Демак, частота филтри уч звеноли бўлган RC-генераторда кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти RC-қисмларини схематик уланиш кўринишига боғлиқ эмас экан.



6.12-расм. Уч звеноли интегралловчи занжирли RC-занжир (а) ва унинг частотавий ва фазавий характеристикаси (б).

Тўрт қисмли дифференциалловчи RC занжирлар. Айрим ҳолларда занжирдаги RC қисмлар тўртта бўлиши мумкин. Бу занжирнинг комплекс узатиш коэффициенти қуйидагича ифодаланади:

$$\dot{\beta} = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{\omega^4 C^4 R^4} - \frac{15}{\omega^2 C^2 R^2}\right) + j\left(\frac{7}{\omega^3 C^3 R^3} - \frac{10}{\omega RC}\right)} \quad (6.18)$$

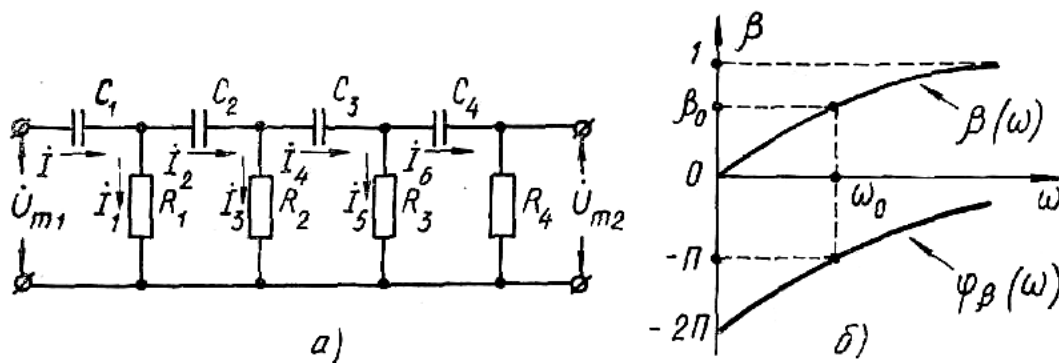
ундан занжирнинг частотавий характеристикаси

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{1}{\omega^4 C^4 R^4} - \frac{15}{\omega^2 C^2 R^2}\right)^2 + \left(\frac{7}{\omega^3 C^3 R^3} - \frac{10}{\omega RC}\right)^2}}, \quad (6.19)$$

фазавий характеристика эса,

$$\varphi_\beta = -\operatorname{arctg} \left[\frac{\frac{7}{\omega^3 C^3 R^3} - \frac{10}{\omega RC}}{1 + \frac{1}{\omega^4 C^4 R^4} - \frac{15}{\omega^2 C^2 R^2}} \right] \quad (6.20)$$

кўринишида ифодаланиши аниқланади. Уларнинг графиклари 6.13.б-расмда кўрсатилган.



6.13-расм. Тўрт қисмли дифференциалловчи RC занжир (а) ва унинг частотавий ва фазавий характеристикаси.

(6.19) ва (6.20) ифодалардан генераторнинг генерация частотаси

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{7}{10}} \cdot \frac{1}{RC} \quad (6.21)$$

бўлишини ва унда $\beta_0 = \frac{1}{84}$ яъни $K \geq 18,4$ эканини аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб юқорида келтирилган мисоллардаги каби ҳисоблаш йўли билан RC- қисмларнинг сони ихтиёрий бўлганда тескари боғланиш занжири учун ω_0 генерация частотасини ва унинг β_0 узатиш коэффициентини аниқлаш мумкин.

Кўриб чиқилган автогенераторнинг ҳосил қилаётган тебранишлар частотасини ўзгартириш учун уч, тўрт қисмдаги R_1, R_2, R_3, R_4 ларни ёки C_1, C_2, C_3, C_4 ларнинг қийматларини бараварига ўзгартириш даркор.

Кўриб чиқилган RC схемали автогенераторлар қуйидаги камчиликлардан иборат: 1) Тескари боғланиш занжири кучайтиргич каскадини шунтлайди натижада кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти камайади, оқибатда амплитуда баланси бузилиши ҳосил бўлади. Бу эса автогенератор ишлаб чиқарадиган тебранишнинг нобарқарорлигини ҳосил қилади. 2) RC занжирнинг резонанс хусусияти ўтмас бўлганлиги сабабли ўз-ўзини уйғотиш шарти нафақат резонанс частота f_0 учун балки унга яқин бўлган частоталар учун ҳам бажарилади. Шу сабабли автогенератор биргина f_0 частотали тебранишдан ташқари ён частотали тебранишларни ҳам ишлаб чиқаради. Бундай ҳол эса генератор ишлаб чиқараётган синусоидал тебранишнинг шаклини бузилишига сабаб бўлади.

Биринчи камчиликни бартароф этиш учун тескари боғланиш занжири билан кучайтиргичнинг кириш оралиғига эмиттер қайтаргич схемали кучайтиргич каскади уланади (6.10.б-расм). Иккинчи камчиликни бартароф этиш учун эса эмиттер занжирини R_3 қаршиликни улаб ўзгармас ташкил этувчи бўйича манфий тескари боғланиш ҳосил қилинади.

