

Лекция 1

ІШКІ КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫ ЖӘНЕ RC ҚҰРЫЛЫМДЫ АВТОГЕНЕРАТОРЛАР

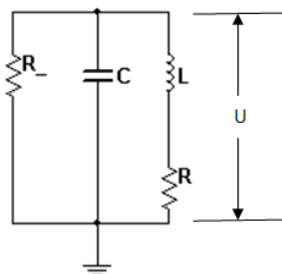
Туннелдік диодтағы автогенератор қарастырылады. Ван-дер-Поль генераторымен ұқсастық көрсетіледі. Вин көпірі бар кең таралған генератордың жұмысы талданады.

1. Туннелдік диодтағы автогенератор

Ван-дер-Поль генераторының мысалынан білетініміздей, автотербелістер «кері активті кедергі» деп аталатын элемент арқылы тербелмелі контурдың энергиясын жоғалтуын толықтырады. Мұндай эффект $\frac{dI}{dU} < 0$ кері дифференциалды кедергілі $I = f(U)$ вольт-амперлі сипаттамасы бар электронды аспапта жүзеге асырылады. Туннелдік диод осындай қасиеттерге ие: оның вольт-амперлік сипаттамасы N-бейнелі болып табылады.

Туннелдік эффект бөлшектің қозғалысының кванттық сипатынан жоғары потенциалды тосқауыл нақтылы ықтималдылықпен кіре алатындығына негізделген. Кернеудің ұлғаюынан, туннелдеуге болатын электрондар жағдайлары санының азаюынан ток кемуі мүмкін.

Талдауды жеңілдету үшін 1-суреттегі R_- кедергісі бар туннелдік диодтың(теріс кедергісі бар) электрондық сұлбесін қарастырамыз.



1-сурет. Туннелдік диодтағы Автогенератор сұлбесі.

Теріс кедергіге R_- байланысты контурдағы кернеу ЭДС секілді қарастырылады және диод арқылы ағатын ток былай анықталады: $I = -\frac{U}{R_-}$

Контурдағы кернеулер мен токтар мына қатынастармен байланысты:

$$I = I_{R_-} = I_C + I_L, \quad I_C = C \frac{dU}{dt}, \quad U = rI_L + L \frac{dI_L}{dt} \quad (1)$$

Осы формулалардан

$$I = I_L + rC \frac{dI_L}{dt} + LC \frac{d^2 I_L}{dt^2} \quad (2)$$

I анықтамасынан білетініміздей

$$I = -\frac{U}{R_-} = -\frac{1}{R_-} (rI_L + L \frac{dI_L}{dt}) \quad (3)$$

(2), (3) теңдеулерінің оң жақ бөліктерін теңестіріп, мынаны аламыз:

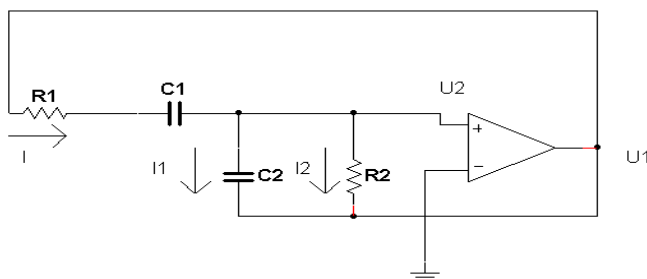
$$\frac{d^2 I_L}{dt^2} + \left(\frac{r}{C} + \frac{1}{CR_-} \right) \frac{dI_L}{dt} + \frac{1 + r/R_-}{LC} I_L = 0 \quad (4)$$

$\frac{r}{C} + \frac{1}{C} \left| \frac{1}{R_-} \right| < 0$ шартынан (4) теңдеуінің екінші мүшесі теріс болады және тербеліс өшудің орнына күшеюі мүмкін. Сайып келгенде, (4) теңдеуі де Ван – дер – Поль теңдеуі секілді автотербелісті сипаттай алады.

2. Вин көпірлі автогенератор

10^3 - 10^5 Гц жиіліктерінен төмен жиіліктерде резисторлы-сыйымдылықты (RC) генераторларын қолдану ыңғайлы, себебі L индуктивті кәдімгі тербелмелі контур мұндай жағдайларда күрделі болады. RC генераторларда шығарылатын тербелістердің жиіліктері кері байланыс тізбегінің қасиеттерімен анықталады.

Күшейткіштің кері байланысының кезекті-параллельді RC тізбегін ұсынатын Вин көпірлі генераторды қарастырамыз (1-сурет).



1-сурет. Вин көпірлі RC генераторының сұлбесі

Осы тізбекке Кирхгоф заңдарын жазамыз:

$$I = I_1 + I_2 = C_2 \dot{U}_2 + I_2 \quad (1)$$

$$U_1 = IR_1 + \frac{1}{C_1} \int Idt + U_2, \quad U_1 = f(U_2) \quad (2)$$

$$U_2 = I_2 R_2, \quad (3)$$

мұндағы айнымалының үстіндегі нүкте уақыт бойынша дифференциалдауды білдіреді.

(2) теңдеуден

$$\dot{f}(U_2) = IR_1 + \frac{I}{C_1} + \dot{U}_2 = C_2 R_1 \ddot{U}_2 + R_1 \frac{\dot{U}_2}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \dot{U}_2 + \frac{U_2}{C_1 R_2} + \dot{U}_2 \quad (4)$$

$$\dot{f}(U_2) = \frac{df}{dU_2} \cdot \frac{dU_2}{dt} = \dot{U}_2 \frac{df}{dU_2}, \quad (5)$$

$$\ddot{U}_2 + \left\{ \frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2} + \frac{1}{R_1 C_2} - \frac{1}{R_1 C_2} \frac{df}{dU_2} \right\} \dot{U}_2 + \frac{1}{R_1 C_2 C_1 R_2} U_2 = 0 \quad (6)$$

Симметриялы Вин көпірінен алатынымыз:

$$R_1 = R_2 = R, \quad C_1 = C_2 = C,$$

$$\frac{d^2 U_2}{dt^2} + \left\{ \frac{3}{RC} - \frac{1}{RC} \frac{df(U_2)}{dU_2} \right\} \frac{dU_2}{dt} + \frac{1}{R^2 C^2} U_2 = 0 \quad (7)$$

$\omega_0 = 1/RC$ белгісін енгізіп, тәуелділікті қабылдаймыз

$$f(U_2) = KU_2 - K_1 U_2^3 \quad (8)$$

Осыдан кейін

$$\frac{d^2 U_2}{dt^2} - \left\{ \frac{K-3}{RC} - \frac{3K_1}{RC} U_2^2 \right\} \frac{dU_2}{dt} + \omega_0^2 U_2 = 0 \quad (9)$$

Жаңа τ уақытқа көшеміз және $x = U_2 \sqrt{3K_1}$, $\varepsilon = K - 3$ мәндерін енгіземіз. Нәтижесінде Ван – дер – Поль теңдеуін мына түрде аламыз

$$\frac{d^2 x}{d\tau^2} - (\varepsilon - x^2) \frac{dx}{d\tau} + x = 0 \quad (10)$$

Өзіндік жұмыс тақырыптары

1. (10) теңдеуін $y = x / \sqrt{\varepsilon}$ арқылы жазамыз.
2. $R_- = R_-(I_L)$ сәйкес формасын таңдау жолымен (4) теңдеуін Ван – дер – Поль теңдеуіне келтіру.
3. Автотербелістің пайда болу шарттарын тұжырымдау.

Әдебиет []

Лекция 2

МОДУЛЯЦИЯЛАНҒАН РАДИОСИГНАЛДАР

Модуляцияланған радиосигналдардың амплитудалық, бұрыштық, фазалық, жиілікті модуляция және спектрлі энергетикалық қасиеттері қарастырылады.

Қарапайым гармоникалық детерминделген сигналдың параметрлері белгілі және тұрақты болса, онда информация болмайды.

Мына түрдегі сигнал

$$U(t) = S(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0(t) + \varphi_0) = S(t) \cos \psi(t) \quad (1)$$

модулделген радиосигнал деп аталады. Ол $S(t)$ сигнал жайлы информатсияға ие және гармоникалық болып табылмайды. Бұл мысалда $\cos \psi(t)$ тасымалдағыш тербелісінің амплитудалық модуляциясы жүзеге асырылады. Егер (1) теңдеудегі $S(t) = \text{const}$, бірақ $\psi(t)$ басқа информациялық сигналмен $S_1(t)(\psi(t) \longrightarrow S_1(t) * \psi(t))$ байланысты болса, онда бұрыштық модуляция орын алады. Сонымен қатар, $S(t)$ амплитудамен де, фазамен де байланысты болатын модуляция түрлері қолданылады.

Информацияны модульделген радиосигналдармен беру қажеттілігі келесі себептерге байланысты.

Антеннаның эффективті шағылуы антеннаның геометриялық өлшемдері шағылған тербелістің $\lambda = c / f$ (мұндағы, c – жарық жылдамдығы, f – тербеліс жиілігі) толқын ұзындығымен өлшенетін жағдайларда болады. Сондықтан тасымалдағыш тербеліс ретінде жоғарыжиілікті гармоникалық сигнал қолданылады.

Шуылдан бұзылмаған радиосигналды беру үшін радиосигнал спектрінің ені тасымалдағыш тербелістің жиілігімен $\Delta\omega \ll \omega_0$ салыстырғанда кіші болуы керек. Видеосигналда (тікбұрышты формалы цифрлық импульста) бұл қатынас мынадай түрде болады: $\Delta\omega \approx \omega_0$.

(1) теңдеуден $U(t)$ белгілі болғандағы $S(t)$ -ні бөліп алу процесі демодуляция деп аталады. Демодуляция физикалық тұрғыда сигналды кезекті төменгіжиілікті фильтрациямен (жоғарыжиілікті құрамды-жеткізуші тербелістерсіз) түзетулер жолымен (сигналды жартылайөткізгішті диод арқылы өткізе отырып) жүзеге асырылады. Демодуляцияның есептеу әдістері кезекті орталандырылған ортогоналды функцияға сәйкес келетін (1) теңдеуде көрсетілген көбейтулерге негізделген. Осыдан шығатыны, модуляциядан кейін біз $S(t)$ информациялық сигналдың тек модулін ғана аламыз. Сондықтан амплитудалық модуляцияны $S(t)$ модульделген сигналға айналдырғанда оны бірполярлы ету үшін алдын ала тұрақты құраушыны енгізеді:

$$S(t) = A(1 + m \cdot \cos(\Omega t + \Phi_0)) \quad (2)$$

Осыдан кейін (1) теңдеуі мына түрге келеді:

$$U(t) = A(1 + m \cdot \cos(\Omega t + \Phi_0)) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (3)$$

U_3 (3) теңдеуден U амплитудасының максималды және минималды мәндері шығады:

$$U_{\max} = A(1 + m), \quad U_{\min} = A(1 - m) \quad (4)$$

Осы жерден модуляция коэффициентін немесе модуляция тереңдігін m табамыз:

$$m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}, \quad 0 \leq m \leq 1. \quad (5)$$

$m > 1$ болатын жағдай қайта модуляциялау деп аталады. Мына формуланы ескерсек

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)) \quad (6)$$

(3) теңдеуден мынаны орнатамыз: модулделген тербелістер жиілікті тербелістерден ω_0 , $\omega_0 - \Omega$, $\omega_0 + \Omega$ және сәйкес фазалы тербелістерден φ_0 , $\varphi_0 - \Phi_0$, $\varphi_0 + \Phi_0$ тұрады. $\omega_0 - \Omega$, $\omega_0 + \Omega$ жиіліктері бүйірлі жиіліктер деп аталады.

Модулделген радиосигналдың орташа қуаты былай анықталады:

$$\langle P \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U^2(t) dt = \frac{A^2}{2} + \frac{A^2 m^2}{4} \quad (7)$$

Амплитудалық модуляцияның пайдалы әсер коэффициенті бүйірлі жиіліктердің қуатының сигналдың орташа жалпы қуатқа қатынасымен анықталады:

$$\eta = \frac{A^2 m^2}{4A^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{m^2}{4} \right)} = \frac{m^2}{m^2 + 2} \quad (8)$$

η -ның максималды мәні тек 33% құрылған. Сондықтан амплитудалық модуляцияның қолдану аясы салыстырмалы төменгі жиілікті радиохабарларды және телевизорлік хабарларда суреттерді берулерде қолдану аясы кішірейді. η -ны үлкейту үшін әртүрлі әдістер қолданылады, соның ішінде бүйірлі жолақ жиілігінің теңдеуі.

Бірінші ретті модуляциядан кейін сигнал спектрі төменгі жиілікті болады, сондықтан цифрлық радиобайланыста қайта модуляция жүргізіледі: модулделген видеоимпульстермен жоғары жиілік тербелісі модулделеді.

Спектр сигнала после первичной модуляции является низкочастотным, поэтому в цифровой радиосвязи производится повторная модуляция: Модулированными видеоимпульсами модулируется колебания высокой частоты. Жіберуші құрылғы модулделген радиоимпульстердің кезектілігін шағылдырады. Жеткізуші тербелістің параметрлері скачкообразно (тікбұрышты импульс) өзгергендегі модуляция әдісі манипуляция деп аталады.

Өзіндік жұмыс тақырыптары

1. Амплитудалық модуляцияның әртүрлілігі (жабырқаңқы жеткізуші, біржолақты модуляция).
2. Гармоникалық бұрышты модуляциялы сигналдың спектрі.
3. Фазалық және жиілікті модуляцияларды бөлу әдістері.

Әдебиет []