

**QƏHRƏMANOV P.F.
RƏSULOV R.A.**

MÜASİR ELEKTRONİKA

BAKİ – 2008

Az-2
Q-46

621.3
Q 44

P.F.Qəhrəmanov, R.A.Rəsulov
Müasir elektronika. Bakı, «Ozan»2008.

Korrektor: dos.X.H.Aliyev
Kompyuter qrafikası: G. F. Hacıyeva
G. K. Qasımova

26.09.2008

Bu kitabda elektronikanın nəzəri əsasları, elektron cihazlarının tətbiq sahələri və sxemləri haqqında məlumat verilmişdir. Kitab dörd fəsildən və əlavələrdən ibarətdir. Birinci fəsildə elektronikanın nəzəri əsasları, ikinci və üçüncü fəsildə tətbiq sahələri və sxemləri, dördüncü fəsildə isə elektronikanın son nailiyyətləri olan kibernetika haqqında məlumat verir. Kitabdən əsasən elektronika sahəsində çalışan mütəxəssislər və bu sahə üzrə təhsil alan ali məktəb tələbələri istifadə edə bilərlər.

Q1402000000-56
On-047-08

© «Ozan»-2008

BİSMİLLAHİRRƏHMANİR RƏHİM

Yerdə və göydə zərrə qədər bir şey Allahdan gizli qalmaz. Ondən daha böyük, daha kiçik elə bir şey yoxdur ki, açıq aydın kitabda (ləvhi-məvhuzda) olmasın (Yunis surəsi 61-ayə).

«Zərrə» sözü ərəb sözü olub ən kiçik hissəcik mənasını daşıyır. Bütün materiya ən kiçik hissəciklərdən təşkil olunmuşdur. Lakin bu hissəciklərdən daha böyük və daha kiçiyi Allah yanında ləvhi-məvhuzda yazılmışdır və bunlar bizə məlum deyildir. Ancaq bizə məlum olanı o hissəciklərdir ki, biz onları son zamanlar yaratdığımız güclü mikroskoplarla görə bilirik. Yaxud ən güclü teleskoplarla kainatın müəyyən yerlərində ən böyük cisimləri görə bilirik. Deməli, bu ən kiçik və ən böyük şeylər bizim əqlimizin dərk etmə hədudlarından kənarıdır.

Hələ bizim eradan əvvəl yunan alimləri «kəhrəbanı» yun parçaya sürtdükdən sonra onun xırda yüngül çəkiyə malik (məsələn kağız) hissəcikləri özünə cəzb etməsinə məəttəl qalmışdılar. Məhz bu səbəbdən də onlar bu hadisəni kəhrəbanın adı ilə elektron (*ελεχτρονη*) adlandırmışdılar.

1891-ci ildə İrlandiya fiziki Ston, Faradey və Maksvelin nəzəriyyələrinə əsaslanaraq elmə «elektron» terminini gətirdi. Bundan sonra XX əsrin əvvəllərində bir çox fiziklər bu terminin daha da inkişaf etdirərək artıq onun materiyanın ən kiçik bölünməyən hissəcik olduğunu sübuta yetirdilər.

Son zamanlar kəşf olunmuş elektron mikroskopları bu nəzəriyyələri təsdiqlədi. İndi hamıya məlumdur ki, bu kiçik hissəcik $1.602 \cdot 10^{-19}$ kl yük daşıyır və $9.109 \cdot 10^{-31}$ kq çəkiyə, $2.82 \cdot 10^{-15}$ m radiusa malikdir. Baxmayaraq ki, elektron atomun tərkib hissəsidir, lakin o bir çox maddələrin tərkibində sərbəst halda olur. Belə maddələrin içərisində ən çox istifadə olunan misdir. Mis haqqında Allah Quranda Səbə (12)-də belə buyurur. «Onun üçün (yəni Süleyman üçün) misi əridib axıtdıq». Həqiqətən mis bütün metallar içərisində qızıl və gümüşdən sonra ən əlverişli elektriki keçirmə xüsusiyyətinə malikdir. Misin atom quruluşuna nəzər yetirdikdə görmək olar ki, onun səviyyələrində yerləşən elektronların sayı aşağıdakı kimidir. (I s^2), (II s^2p^6), (III $s^2p^6d^{10}$), (IV s^1)

Buradan görünür ki, IV energetik səviyyədə yerləşən elektronun sayı birdir. Bu da onun dayanıqsız olduğuna şərait yaradır ki, misin kristal qəfəsi daxilində sərbəst halda ola bilsin. Sərbəst elektron müəyyən elektrik yükü daşıdığına görə hər hansı elektrik sahəsinin təsiri ilə müəyyən istiqamət üzrə

hərəkət edəcəkdir. Deməli, belə çıxır ki, biz misi elektrik sahəsinə qoysaq onun daxilində elektron axını baş verəcəkdir. Bu elə bil ki, ayədə deyildiyi kimi misin əriyib axmasına bənzəyir. Elektrotexnikada buna cərəyan deyilir. Hər hansı cisimdən cərəyan axırsa ona naqıl deyilir. Lakin elə cisimlər də mövcuddur ki, onlar ən güclü elektrik sahəsinə qoyulsalar belə onlardan cərəyan axmır. Bu cür cisimlərə dielektriklər deyilir. Belə qism cisimlər də var ki onlar elektrik sahəsinə qoyulduqda onlardan müəyyən istiqamətə cərəyan axır. Lakin əks istiqamətə axmır. Bu qism cisimlərə yarımkəçiricilər deyilir.

Bizim bu kitabı yazmağımızda əsas məqsəd həmin bu cisimlərin təbiəti haqqında oxuculara müəyyən məlumatlar vermək və bunların istifadə olunduğu yerləri göstərməklə hansı məqsədlərə qulluq etmələrini bəyan etməkdir.

Məhz bu səbəbdən kitabın adını «Müasir elektronika» qoyduq. Aydınır ki, hər hansı bir kitab yazıldıqda burada qoyulan müəyyən problemlərin həlli üçün yollar axtarılır. Bu ənənəyə sadiq qalıb növbəti paragraflarda həmin problemləri sadalayacağıq.

I FƏSİL. ELEKTRONİKANIN ÖYRƏNDİYİ PROBLEMLƏR

§1.1 GİRİŞ

Respublikamız sovetlər birliyinin tərkibində olan vaxt elektronika sənayesi zəif inkişaf etmişdir. Elektron hesablama maşınları və radiozavoddan başqa Azərbaycanda elektronika sənayesinə aid başqa müəssisə yox idi. Ümumiyyətlə götürdükdə o vaxtlar sovetlər birliyində elektronika sənayesi zəif inkişaf etmişdir. Bu sahədə dünyada irəli gedən ölkə Yaponiya idi. Son zamanlar bütün dünya üzrə bu sahəyə xüsusi diqqət yetirildiyindən elektronika sürətlə inkişaf etməyə başlamışdır. Bu prosesin bizim respublikamızdan da kənara qalmadığı artıq müşahidə olunur. Biz çox ümid edirik ki, sənayemiz inkişaf etdikcə bu sahəyə diqqət daha da artacaqdır. Çünki artıq hamıya sirr deyil ki, sənayenin digər sahələrinin inkişaf etməsi, xüsusən də hərbi sənayenin yaranması və inkişafı bu sahənin inkişafı ilə sıx bağlıdır. İngilis alimi Fleminq tərəfindən icad edilmiş ilk elektron lampası olan diodu indi artıq mikroçiplər əvəz etmişdir. Yəni bu elektronikanın bir əsrdən də az bir müddətdə necə inkişaf etdiyini göstərir. Göründüyü kimi elektronika inkişaf etdikcə öz yerini kibernetikaya verir. Məhz bunun nəticəsidir ki, indi artıq kompüter və robot texnikası yaranmışdır. Belə bir inkişafı görüb susmaq və hər şeyi xarici ölkələrdən hazır şəkildə almaq bizim millətə yaraşmaz. Odur ki, biz də çalışacağıq ki, bu kitabı yazmaqla ölkəmizdə gələcəkdə elektronikanı inkişaf etdirəcək kadrların yaranmasında müəyyən qədər xidmət göstərək. Bunun üçün Allahdan özümüz üçün möhkəm bilik və can sağlığı arzu edirik.

§1.2 ELEKTRONİKA NƏYİ ÖYRƏNİR

Aydındır ki, hər bir elm müəyyən tələbat məqsədi ilə yaranır və inkişaf etdirilir. Yəni qarşıya müəyyən bir məqsəd qoyulur. Sonra isə həmin məqsədə nail olmaq üçün yollar axtarılır. Elektronika elminin də müəyyən məqsədi olub və bu müəyyən tələbatdan yaranıb.

Belə ki, ilk dəfə Edison elektron lampasını kəşf edəndə onun düzləndirmə xüsusiyyətinə malik olduğunu aşkara çıxartmışdır. Sonralar Amerika alimi Forsan həmin lampaya idarəedici elektrod, yəni, tor əlavə etdikdə artıq bu lampanın açar rolunda oynadığı nəzərə çarpdı. Yəni hər kəşf olunan elektron cihazı müəyyən məqsədə qulluq edir.

Elektronikaya ən çox tələbat, rus alimi Popovun Radionu kəşf edəndən sonra artmışdır. Ümumiyyətlə elektronika radio rabitənin əsasını təşkil edir.

Lakin son zamanlar istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmasında da elektronikaya tələbat çoxalmışdır. Bu bir az da elektronikanın inkişafına təkan vermişdir. Artıq elektronikanın inkişafının da vüsət alması kompüter və robot texnikalarının inkişafı ilə əlaqədardır. Düzdür bu sahələr kibernetikaya aiddir. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, kibernetikanın əsasını da elektronika təşkil edir. Məhz elektronikanın daha sürətli inkişafının nəticəsidir ki, kibernetika yaranmışdır. Əsrimiz kibernetika əsridir. Sənayenin inkişafında hərbi texnikanın modernləşməsində kosmosun fəth edilməsində kibernetikanın böyük nüfuzu vardır. Lakin elektronikanı öyrənmədən kibernetikaya keçmək hələ tezdir. Bu səbəbdən də elektronikanın nəzəri əsaslarını fundamental baxımdan yaratmaq, hər hansı bir elektron cihazının və ya elektron sxeminin işini elmi və riyazi əsaslarla əsaslandırmaq lazımdır. Buna görə də elektronikanın hansı məsələləri öyrənməsini aydınlaşdırmaq lazımdır. Bütün bunları nəzərə alıb aşağıdakı plan üzrə hərəkət edəcəyik.

- Elektron cihazları hansı hadisəyə əsasən işləyir
- Düzləndirmə sxemlərində tətbiq olunan elektron cihazları
- Gücləndirmə sxemlərində istifadə olunan elektron cihazları
- Məntiqi elementlərin yaranmasının əsas səbəbləri

Yuxarıda göstərilənlərin hər biri bir fəsil təşkil edəcəkdir.

İndi isə birinci məsələyə aid hansı məlumat olacaq, onları bəyan edək.

Biz görək göstərək ki, elektron cihazlarının mənşəyi nədir. Qeyd etmişdik ki, ilk elektron cihazı lampa şəklində olmuşdur. Deməli, belə çıxır ki, elektron cihazları əsasən qazlarda elektronların yaranmasını və hərəkətini təmin edən müəyyən prinsipə əsaslanır. İndi isə bu prinsipi araşdıraraq.

§1.3 QAZ DAXİLİNDƏ ELEKTRONUN YARANMASI

Bildiyimiz kimi qazlarda metallarda olduğu kimi sərbəst elektrodlar olmur. Yəni metal atomlarından fərqli olaraq qazlarda atomlarda dayanıqsız səviyyələr demək olar ki, mövcud deyil. Lakin güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə qazlarda nüvədən uzaq səviyyələrdəki elektronları atomdan ayırmaq mümkündür. Yəni atomları ionlaşdırmaq olar. Məsələn, havada olan atomlara nəzər yetirdikdə görmək olar ki, burada ən çox ionlaşmaya meyilli qaz azotdur. Belə ki, azot atomunun energetik səviyyəsinə nəzər salsaq, görürük ki, o iki səviyyədədir, yəni ($I s^2$), ($II s^2 p^3$). Lakin oksigendə isə ($I s^2$), ($II s^2 p^4$). Həm də azot qazı havada oksigenə nisbətən çox olduğuna görə onun ionlaşmasının ehtimalı daha çoxdur. Bəs necə olur ki, bu səviyyələrdə elektronlar atomu tərk edirlər? Bu sualın cavabını tapmaqdan ötrü biz bir şeyi qəbul etməliyik. Bu da ondan ibarətdir ki, elektronların energetik səviyyələri tərk etməsi üçün onlar müəyyən qədər enerji almalıdır. Bu enerji müxtəlif yollarla elektrona verilə bilər. Məsələn, qazı qızdırmaqla və ya onu güclü elektrik sahəsində yerləşdirməklə şüalandırma üsulu ilə vəs.

Tutaq ki, biz qazı hər hansı iki elektrod arasında yerləşdirmişik. Bu elektrodlar arasında elektrik sahəsini yaratsaq, sahənin xətləri müsbət elektrodun mənfi elektroda doğru olacaqdır. Energetik səviyyələrdə yerləşən elektronlar sahənin təsiri ilə E_e enerjisini alırlar. Əlavə enerji almış elektronlu atomlara həyəcanlanmış atomlar deyilir. Həyəcanlanmış atomlar uzun müddət bu halda qala bilməz. Odur ki, o ya müəyyən foton buraxıb öz əvvəlki vəziyyətinə qayır, ya da nüvə ilə zəif əlaqədə olan elektronu buraxır. Nəzərə alsaq ki, bu elektronun kinetik enerjisi E_k -dir. Onda əlavə aldığı enerji ilə birlikdə onun enerjisi artaraq E_m enerjisinə çatacaqdır. Yəni

$$E_m = E_k + E_e \quad (1)$$

Elektrik sahəsinin və kinetik enerjinin düsturlarını (1)-də yerinə yazsaq, alırıq:

$$E = \frac{m_e v_e^2}{2} + \frac{1}{8\pi} \cdot E^2 \quad (2)$$

Əgər həyəcanlanmış atom foton buraxırsa, onda bu halda onun ümumi enerjisi

$$h\nu = \frac{m_e v_e^2}{2} + \frac{1}{8\pi} \cdot E^2 \quad (3)$$

(3) ifadəsində $vh = 0$ götürsək, yəni təsəvvür etsək ki, sərflənmiş enerji elektronu atomdan ayıra bilməyib, onda aşağıdakıları alırıq:

$$\frac{m_e v_e^2}{2} = -\frac{1}{8\pi} \cdot E^2$$

və ya

$$v_e = -E \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot 4 \cdot m_e}} \quad (4)$$

(4) ifadəsində kök altında olan hissə sabit ədəd olduğunu nəzərə alsaq, onda elektronun sürəti

$$v_e = -k \cdot E \quad (5)$$

yəni sahə intensivliyi ilə düz mütənəsb olacaqdır. Bu hal onu göstərir ki, əgər qaz daxilində sərbəst elektronlar mövcud olarsa, onda bu elektronların sürəti sahənin intensivliyi artdıqca çoxalacaqdır. Mənfi işarəsi bu sürətin sahə intensivliyi xətlərinin əksinə yönəldiyini göstərir.

Qaz daxilində sahə intensivliyindən asılı olaraq elektronların sürətinin artması onları digər neytral atomlarla daha çox toqquşmağa məcbur edəcəkdir. Hər dəfə atom foton şüalandırdıqda işıqlanma yaranacaq. Əksinə elektron buraxıb müsbət iona çevrilərsə, qaranlıq olacaqdır. Bu hadisəyə qaz boşalması deyilir. Qaz boşalması hadisəsinə təbiətdə çox rast gəlinir. Məsələn, şimşək çaxması, və ya yüksək gərginlik xətlərində izolyatorların ətrafında yaranan qılgıncımları göstərmək olar.

§1.4 ELEKTRON EMİSİYASI

Qaz daxilində elektronların yaranması hadisəsini öyrənərkən belə nəticəyə gəldik ki, onun daxilində elektronların sayını artırmaqla sərbəst atomlarla onların toqquşması artır. Bunun da nəticəsində qazda işıqlanma baş verir. Bunu nəzərə alıb qazı seyreləşdirmək üsulunu yaratdılar. Yəni xüsusi bolonun içərisindən havanı sovurub orada vakuum yaradıldı. Lakin vakuumda atomların sərbəst hərəkətinin yolu çox böyük olduğu üçün qaz daxilində olan elektronların yaranmasına güclü elektrik sahəsi tələb olunur. Bu isə artıq enerji sərfiyyatı deməkdir. Bunun qaşısını almaq üçün vakuum yaradılmış bolonun daxilinə xüsusi elektrod yerləşdirilir ki, bu elektrod

həmin bolon daxilinə elektronlar buraxır. Buna texnikada katod deyirlər. Katodların materialları metal və yarımqeçiricilərdən olur. Elektronların elektroddan xaricə çıxma hadisəsinə elektron emisiyası deyilir. Aşağıdakı təsirlənmə üsullarına görə dörd növdə olur.

1. *Termoelektron emisiyası.* Qeyd etdik ki, metallarda kristal qəfəsin daxilində elektronlar sərbəst hərəkət edir. Qazlardan fərqli olaraq onlar heç bir xarici qüvvənin təsiri olmadan atomu tərk etmişlər. Əgər biz bu metali hər hansı bir istilik mühitinə yerləşdirsək onda həmin metalda atomu tərk edən eliktronların sayı çoxalacaq və onların xaosik hərəkəti artacaqdır. Metalın səthinə yaxın olan yerlərdə hətta onlar onu tərk edəcəklər. Bu cür emisiya istiliyin hesabına yarandığından ona termoelektron emisiyası deyilir.

Bu cür elektronların aldığı enerji aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E_{\text{üm}} = E_k + E_u$$

Burada

$$E_k = \frac{m_e v_e^2}{2}$$

$$E_u = c m_e T$$

Onda

$$E_{\text{üm}} = \frac{m_e v_e^2}{2} + c m_e T$$

Bu alınmış E enerjisi hesabına elektron emisiya edir. Burada c -xüsusi istilik tutumu, T -metali qızdıran temperatur, m_e -elektronun çəkisi, v_e -isə elektronun sürətidir. Lakin bir şeyi də qeyd etmək lazımdır ki, elektron katodun xaricinə çıxanda ona katoda tərəf çəkən qüvvə təsir edir. Bu qüvvənin təsiri ilə o katodun səthində yapışub qalır və növbəti emisiya vaxtı o metalın daxilindən çıxan elektronlardan tez vakuuma daxil olur.

2. *Fotoelektron emisiyası.* Metallar işıqlandırılarkən də onlardan elektron xaric olur. Odur ki, bu hadisəyə fotoelektron emisiyası deyilir. Fotoelektron emisiyasını klassik mexanika prinsipləri ilə izah etmək mümkün deyil. Ancaq kvant mexanikası bu hadisəni çox aydın izah etmişdir. Kvant mexanikasına görə işıq seli kiçik hissəciklərdən ibarətdir. Bunlara fotonlar deyilir. Hər bir foton müəyyən enerji daşıyır. Həmin enerji $E_\varphi = h\nu$ kimi hesablanır. Burada $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{C} \cdot \text{san}$ Plank sabitidir. ν -isə hissəciklərin rəqs tezliyidir. Fotonlar metalın daxilinə keçdikdə onların enerjisi aşağıdakı üç halda sərf olunur.

Foton enerjisi sərf olunur iki hissəyə, bir hissəsi metal daxilindəki elektronların kinetik enerjisinə, digər hissəsi elektronların çıxış işinə, yəni

$$h\nu = A_{\text{çix}} + \frac{m_e v_e^2}{2} \quad (3)$$

(3) ifadəsində $h\nu = A_{\text{çix}} = E_k$ çevrilişini aparaq:

1. Əgər $h\nu > A_{\text{çix}}$ olarsa, onda $E_k > 0$ olar. Bu o deməkdir ki, fotonun enerjisi elektronların metal xaricinə çıxmasına kifayət etmişdir.

2. Əgər $h\nu < A_{\text{çix}}$ olarsa, onda $E_k < 0$ olar, yəni elektronlar zəif enerjiyə malik olduqları üçün emisiya baş verməyir.

3. Əgər fotonların enerjisi yalnız elektronun kinetik enerjisinə çevrilirsə, yəni $h\nu = \frac{m_e v_e^2}{2}$ olarsa, onda $A_{\text{çix}} = 0$ olar. Bu zaman metal daxilində elektronlar yalnız atomları tərk edir. Bu hala daxili fotoemisiya hadisəsi deyilir.

3. İkinci elektron emisiyası. Elə elektron cihazları var ki, onlarda iki elektron şüalandıran elektrod olur. Hansı ki, bu elektrodlardan biri digərini təsirləndirmək üçündür. Adətən təsirləndirici elektrod təsirlənən elektrod üzərinə elektron seli göndərir ki, bu selin də bombardmanı nəticəsində təsirlənən elektroddan elektronlar çıxmağa başlayır. Bu hadisəyə ikinci elektron emisiyası deyilir. İkinci elektron emisiyasının xarakteristikası σ adlanan ikinci elektron emisiyası əmsalındır. Bu əmsal $\sigma = \frac{n_2}{n_1}$ ifadəsi ilə hesablanır. Burada n_2 -ikinci, n_1 - isə birinci emisiya zamanı elektronların sayıdır. Aydındır ki, $n_2 > n_1$ olarsa, $\sigma > 1$. Əgər $n_2 < n_1$ olarsa, $\sigma < 1$ olacaqdır. Bu hallar onu göstərir ki, əgər birinci elektroddan güclü elektron seli çıxıb ikinci elektrodu bombardman etmiş olsa ikincidən də çoxlu sayda elektronlar çıxacaq. Əks halda isə ikinci elektroddan az sayda elektrod emisiyası edəcək, yəni ikinci elektron emisiyası zəifləyəcək. Bu haldan texnikada fotohasilədicilərdə verici televiziya borusunda və s. istifadə olunur.

4. Elektrostatik emisiya. Elə metallar var ki, məs. cıvə onlar elektrik sahələrində elektron emisiyası yaradırlar. Bu cür emisiya elektrostatik emisiyaya adlanır. Bu elektron emisiyasından ən çox ion cihazlarında istifadə olunur. Lakin digər bərk metallarda bu emisiyaları yaratmaqdan ötrü güclü elektrik sahəsi tələb olunur. Bu sahənin intensivliyi bəzən 10^8 V/sm-ə qədər çatır. Bu da böyük enerji sərfiyatını tələb etdiyindən bu tip emisiyadan çox az istifadə olunur.

İndiyə kimi biz elektronların vakuum və ya qaz daxilində əmələgəlmə yollarını araşdırdıq. Lakin onun özünə məxsus bir çox xüsusiyyətləri vardır ki, bunlardan elektron cihazlarında geniş istifadə olunur. İndi bu xüsusiyyətləri araşdıraq.

§1.5 ELEKTRON ELEKTRİK SAHƏSİNDƏ

Əgər biz iki lövhə götürüb birini qida mənbəyinin müsbət qütbünə, digərini isə mənfə qütbünə birləşdirsək, bu zaman lövhələr arasında elektrik sahəsi yaranacaqdır. Sual oluna bilər ki, necə olur ki, lövhələr arasında elektrik sahəsi yaranır? Bu suala cavab verməzdən öncə görəək, biz araşdıraq ki, necə olur ki, lövhələr yüklənir.

Müsbət qütbə birləşən lövhənin elektronları axaraq müsbət qütbə daxil olurlar. Nəticədə bu lövhədə müsbət yükləri çox olan atomlar qalırlar.

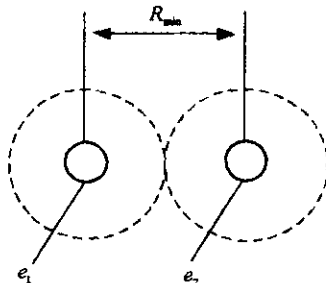
Mənfə qütbə birləşən lövhəyə isə qütbdəki elektronlar axacaq və lövhə ona daxil olan elektrodların hesabına mənfə yüklənəcək. Bu lövhələr arasında hər hansı ϵ nüfuzluğa malik mühit olduğundan həmin mühidə elektrik sahəsi əmələ gəlir. Şerti olaraq qəbul edilmişdir ki, elektrik sahəsinin istiqaməti müsbət lövhədən mənfə lövhəyə doğru yönəlmiş olsun. İndi isə bu ϵ nüfuzluğa malik olan mühidə əmələ gəlmiş elektrik sahəsinin təbiəti haqqında bir neçə kəlmə qeyd edək.

Qeyd etmək lazımdır ki, hər hansı e elektrik yükünə malik olan hissəcik istər mənfə, istər müsbət yüklənmiş olsun ətrafında müəyyən təsir sferasına malikdir. Fransız alimi Kloun ilk dəfə olaraq təcrübi yolla iki yük arasındakı münasibəti tapmışdır. Bu münasibətə görə iki nöqtəvi yük əgər eyni adla yüklənmişlərsə, bir-birini cəzb edirlər. Belə münasibətdə yüklər arasındakı məsafə də böyük rol oynayır. Belə ki, əgər bu yüklər arasındakı məsafə çox olarsa, onların bir-birinə təsiri kvadratik olaraq azalacaq, az olarsa kvadratik olaraq çoxalacaqdır. Yuxarıda deyilənləri aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar:

$$F_k = \frac{e_1 \cdot e_2}{R_{12}^2} \quad (1)$$

Yuxarıdakı düsturdan belə çıxır ki, əgər $R=0$ olarsa, yəni iki yük bir-birinin üzərinə düşürsə, onda $F_k = \infty$ olacaqdır. Yəni həddən ziyadə böyük qüvvə alınacaqdır. Bu isə mümkün olan şey deyil. Çünki təbiətdə bu cür qüvvənin alınması mümkün deyil. Deməli, belə çıxır ki, R müəyyən məsafə

olmalıdır. Əgər hər hansı elektrik yükünün yüklənmə dərəcəsinə görə əhatə sferasına malik olduğunu qəbul etsək, onda R -in ən kiçik qiyməti iki yükün sferalarının bir-birinə toxunan anda yüklərin mərkəzləri arasında olan məsafəyə bərabər olacaqdır. Bunu aşağıdakı şəkildə aydın görmək olar.

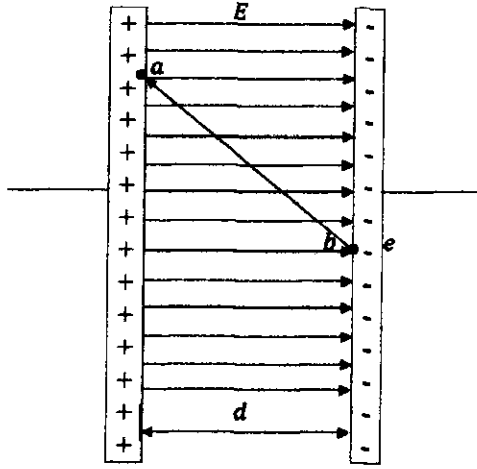


Qəbul etdiyimiz bu münasibəti iki yüklənmiş lövhəyə də tətbiq etmək olar. Yəni lövhələr arasındakı d məsafəsini elə seçirik ki, lövhənin təsir sferası bir-birinə toxunmuş olsun. Bu halda bu lövhələr arasında qalan mühüm elektriclənmiş olur ki, ona da elektrik sahəsi deyilir.

Aydındır ki, bu mühit müəyyən atom quruluşuna malik olduğundan sahənin ona müəyyən təsiri olacaqdır. Ən əvvəl bu atomlarda olan elektronlar sahənin təsiri altında olacaqdır. Həmin elektronlar atomlardan ayrılaraq müsbət lövhəyə doğru hərəkət edəcəkdir. Yəni elektrik sahəsinin hər hansı yüklü hissəciyə təsiri olacaqdır ki, bu təsirə sahə intensivliyi adı verilmişdir. Sahə intensivliyi

$$E = \frac{F}{e} \quad (2)$$

Düsturu ilə hüsablanır. Burada F yüklü hissəciyə təsir edən qüvvədir. e -isə yüklü hissəciyin yükünün miqdarıdır. Əgər $e=1$ olarsa, onda sahə intensivliyi vahid yükə təsir edən qüvvəyə bərabər olacaqdır.



Qeyd etdik ki, elektrik sahəsinin təsiri ilə yüklər əks adlı lövhələr tərəfə hərəkət edir. Tutaq ki, e yükü b -nöqtəsindən a nöqtəsinə doğru hərəkət etmişdir, bu zaman onun kinetik enerjisi

$$E_k = \frac{m_e v_e^2}{2} \quad (3)$$

olacaqdır. Lakin bu enerji sahənin gördüyü işin hesabına olduğu üçün

$$E_k = A = \frac{m_e v_e^2}{2}$$

kimi hesablanacaq. Digər tərəfdən ab xətti üzrə e yükünün hərəkəti zamanı görülən işi

$$A = FScos\alpha = eEd \quad (4)$$

(4) ifadəsində $Ed = u$ sahənin potensialı adlanır. Odur ki,

$$A = eu \quad (5)$$

sahənin gördüyü iş sahənin potensialı ilə düz mütənasib olur. Sahə potensialı isə elektrik yükünün hərəkəti zamanı görülən işdir, yəni

$$u = \frac{A}{e} \quad (6)$$

(5) ilə (3) bərabərliyindən alarıq.

$$\frac{m_e v_e^2}{2} = eu$$

Buradan elektrik yükünün sürəti

$$v_e = \sqrt{\frac{2e}{m_e} \cdot u} = 600\sqrt{u} \quad (7)$$

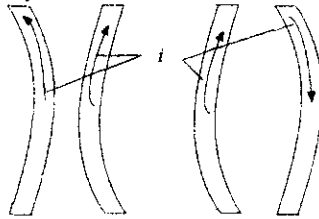
(7) ifadəsində belə məlum olur ki, elektrik yükünün sürəti sahə potensialı ilə düz mütənəsbdir. Bu hadisədən elektron lampalarının iş prinsipində istifadə olunur. Lakin elə elektron cihazları da var ki, onlar da elektrona maqnit sahəsi ilə təsir göstərilir. Odur ki, aşağıda bu halı nəzərdən keçirək.

§1.6 ELEKTRON MAQNİT SAHƏSİNDƏ

Biz öyrəndik ki, elektron elektrik sahəsində olanda o sahənin təsiri ilə istiqamətlənmiş hərəkət edərək elektrik cərəyanı əmələ gətirir. Müəyyən dt zaman intervalında hər hansı E intensivliyinə malik olan elektrik sahəsinin dq yüklü hissəciyə təsiri nəticəsində axan cərəyan $i = \frac{dq}{dt}$ kimi hesablanır. Lakin əgər bu yüklü hissəciyi biz maqnit sahəsində yerləşdirsək onun maqnit sahəsində hərəkəti elektrik sahəsindəki hərəkətindən fərqlənəcəkdir. İndi bu fərqi göstərək.

Ən əvvəl biz maqnit sahəsinin təbiəti haqqında məlumat verməliyik.

Yer kürəsinin tərkibində elə materiallar var ki, onların ətrafında maqnit sahəsi yaranır. Maqnit sahəsinə təcrübi yolla müşahidə etmək üçün hər hansı iki cərəyanlı naqili bir-birinə paralel yerləşdirmək lazımdır. Bu zaman həmin naqillərdən eyni istiqamətdə cərəyan axarsa, onlar bir-birini cəzb edəcək; əks istiqamətdə axarsa, itələyəcək.



Bu təcrübədən belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, cərəyan öz ətrafında maqnit sahəsi yaradır və yerin tərkibində olan maqnit xassəli materialların tərkibində həmin cərəyanlardan axır. Özü də bu cərəyanlar müəyyən istiqamət üzrə axmalıdırlar ki, onların yaratdıqları maqnit sahələri də müəyyən istiqamətə yönəlmiş olsunlar. Bu nəzəriyyəni ilk dəfə fərsiz alimi

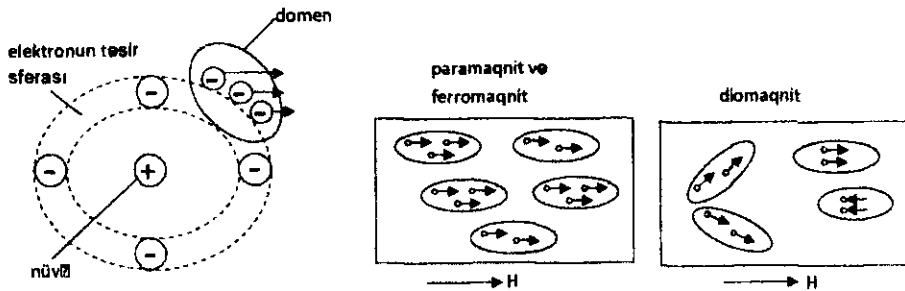
Amper irəli sürmüşdür. Bu nəzəriyyəni elektron nəzəriyyə ilə sintez edərək aşağıdakı kimi nəticəyə gəlmək olar.

Bildiyimiz kimi, mənfi yüklü elektronlar müsbət yüklü nüvə ətrafında fırlanma hərəkəti edirlər. Bu zaman onlar öz təsir sferaları qədər molekulun tərkibində müəyyən oblast yaradırlar. Bildiyimiz kimi metallarda əlavə olaraq kristal qəfəs daxilində sərbəst elektronlar da hərəkət edir. Onlar bu sferalarla qarşılıqlı təsirdə olduqda dəf olunurlar. Əgər eyni istiqamətə dəf olunan bir neçə elektron olarsa, bu zaman kristal qəfəs daxilində xüsusi kiçik elektron toplusuna malik sahələr əmələ gələcək ki, bunlara da "domen" lər adı verilmişdir. Elə metallar var ki, bu domenlər xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə eyni istiqamət alırlar. Belə metallara ferromaqnitlər deyilir. Ferromaqnitlərin bir xüsusiyyəti də vardır ki, onlar xarici maqnit sahəsi kəsildikdə belə domenlər yenə də istiqamətlənmiş halda qalırlar.

Lakin maqnit xassəli materialların bir növü də vardır ki, onlar xarici maqnit sahəsi kəsildikdə, domenlər yenidən əvvəlki xaotik hallarına qaydır. Bu maqnitlərə paramaqnitlər deyilir.

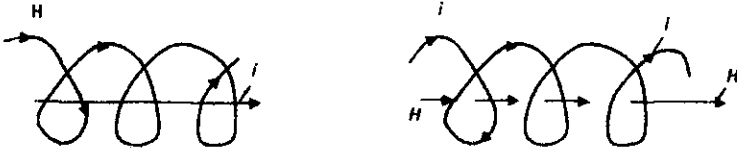
Bundan başqa maqnitlənməyən materiallar mövcuddur ki, bunlar da domenlər olsalar belə xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə istiqamətlənmirlər.

Yuxarıda qeyd etdiklərimizi aşağıdakı şəkildə aydın görmək olar.



Yuxarıda biz maqnit sahəsinin təbiəti haqqında müəyyən təsəvvür əldə etdik. İndi də maqnit sahəsinin elektrona təsirini araşdırmaq. Əgər cərəyan öz ətrafında maqnit sahəsi yaradırsa onun istiqamətinin dəyişməsindən asılı olaraq maqnit sahəsinin də istiqaməti dəyişir. Bu qanunu ilk dəfə rus alimi Lents kəşf etmişdir. Belə ki, cərəyan düz xətt üzrə axırsa, onda maqnit sahəsi bu xəttin ətrafında sağ tərəfə burulmaqla əmələ gəlir. Əksinə cərəyan dairəvi

istişamətdə axarsa, onda maqnit sahəsi dairənin müstəvisinə perpendikulyar şəkildə yönələcək.



Lents qanununu qəbul edib cərəyanlı naqıl əvəzinə bir anlığa elektronu təsəvvür edək. Onda maqnit sahəsinin cərəyanlı naqılə qarşı olan bütün münasibətlərini elektrona da tətbiq etmək olar.

Məsələn, əgər cərəyana müəyyən F qüvvəsi təsir edirsə, onda həmin qüvvə elə elektrona da təsir göstərəcəkdir. Əlbəttə ki, bu qüvvə maqnit sahəsinin müəyyən dl hissələrində olan elektronlara təsir göstərəcəkdir. Onda yazı bilərik ki,

$$F = Be \frac{dl}{dt} \sin \alpha$$

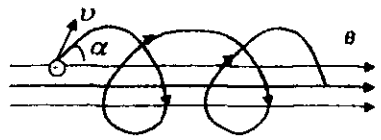
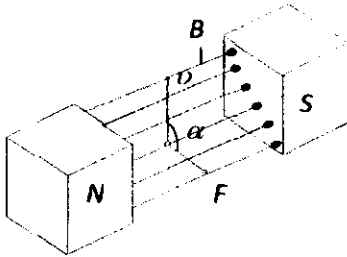
burada B maqnit sahəsinin induksiyası, e elektronun yükü, α sahə xətləri ilə elektronun hərəkət istiqaməti arasındakı bucaq, dl maqnit sahəsinin elektrona təsir etdiyi yerin uzunluğudur, dt isə zaman intervalıdır. Düsturda $\frac{dl}{dt} = v$ elektronun aldığı sürət olacaqdır. Onda ona təsir edən qüvvə

$$F = Bev \sin \alpha$$

Burada $\alpha = 0$ olarsa, yəni $\sin 0^\circ = 0$ onda $F=0$ olur. Bu onu göstərir ki, elektrona sahə tərəfindən heç bir təsir yoxdur. Əgər $\alpha = 90^\circ$ olarsa, onda $\sin 90^\circ = 1$, yəni $F=Bev$. Bu zaman elektrona sahə tərəfindən maksimum qüvvə tətbiq olunur ki, sürət artmasına səbəb olur. Lakin bu sürətin istiqaməti sahə xətlərinə perpendikulyar şəkildə olur və onun qiyməti

$$v = \frac{F}{Be}$$

kimi hesablanır. Yuxarıda qeyd etdiklərimizi aşağıdakı şəkillərdə aydın görmək olar.



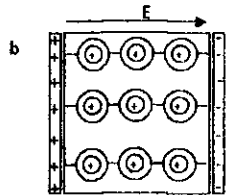
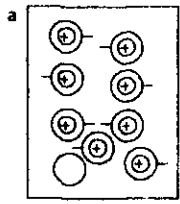
K-S-K-B-Q

(b) şəklindəki bir məsələni qeyd etmək lazımdır ki, əgər $0 < \alpha < 90^\circ$ münasibəti yaranmış olarsa, onda sahənin təsiri ilə elektron spiralvari hərəkətdə olur. Bu xüsusiyyətdən elektron lampalarında xüsusən də, daha yüksək tezlik lampalarında istifadə olunur.

§1.7 DIELEKTRİKLƏR

Dielektrik əks elektrik deməkdir. Bu cür materiallar elektriki keçirmirlər. Çünki onların daxilində elektriki keçirmək üçün sərbəst elektronlar yoxdur. Ancaq bu o demək deyil ki, bu materiallar elektriki xüsusiyyətinə malik deyil. Məsələn, əgər bunlar elektrik sahəsində yerləşərsə onların daxilində qütbləşmə baş verir. Bunun niyə belə olduğunu araşdırıraq.

Əvvəla qeyd etmək lazımdır ki, dielektrik maddənin hər üç halında olur. Məsələn, əgər dielektrik bərk cisimdirsə bu zaman bərk cismin kristal qəfəsinin düyün nöqtələrində olan atomların titrəyişi həmin dielektriki elektrik sahəsinə qoyan kimi kəsilir və bu dielektrik daxilində səmtləşmə prosesi gedir. Belə ki, müsbət qütbə yaxın olan atomlar elektronların hesabına müsbət qütbə doğru, mənfi qütbə yaxın atomlar isə nüvənin hesabına mənfi qütbə doğru səmtləşirlər. Bu, bir növ dielektrikin elektrik sahəsində dartılmasına bənzəyir. Aşağıdakı şəkildə bunu əyani görmək olar. (a) şəklində dielektrik adi halda



olarkən onun daxilində olan atomların xotik hərəkətdə olması göstərilmişdir. Yəni nüvə ətrafında fırlanan elektronların vəziyyəti istənilən tərəfdə ola bilər. Ancaq elektrik sahəsində isə (şəkil b) elektronlar atomlarda müsbət qütbə doğru səmtlənir. Mənfi qütb tərəfdə isə yalnız atomun nüvəsi səmtləşir.

Elektrik sahəsinin induksiyası vektorial halda

$$D = E + 4\pi P \quad (1)$$

kimi hesablanır. Burada E -sahə intensivliyi vektoru, P -isə polyarizasiya vektorudur. Əgər polyarizasiya vektoru ilə intensivlik arasında münasibəti yazsaq, alırıq

$$P = \alpha E \quad (2)$$

Burada α qütbləşmə (polyarlaşma) əmsalıdır. Onda (1) ifadəsi

$$D = E + 4\pi\alpha E = E(1 + 4\pi\alpha) \quad (3)$$

burada $1 + 4\pi\alpha = \epsilon$ dielektrik sabiti adlanır. Onda (3) ifadəsi aşağıdakı kimi olar.

$$D = \epsilon E \quad (4)$$

(4) ifadəsində $\epsilon \geq 1$ qiymətlərində ifadənin həlli doğrudur. $\epsilon = 1$ olarsa, $D=E$. Onda (1) ifadəsinə əsasən, $P=0$ olur. Bu onu göstərir ki, dielektrik daxilində polyarlaşma əmələ gəlmir. Başqa sözlə desək, polyarlaşmanın getməsi üçün şərait olmur. Yəni dielektrik daxilində sərbəst atomlar olmur. Bu isə ancaq vakuüm şəraitində mümkündür. $\epsilon > 1$ qiymətlərində isə bütün dielektriklərdə qütbləşmə baş verir.

Dielektriklərin qütbləşməsi hadisəsindən kondensatorlarda istifadə olunur. Çünki kondensatorlar - aralarında dielektrik materialı yerləşdirilmiş iki yüklənmiş lövhədən ibarət olur. Həmin bu dielektrikin ϵ nüfuz etmə əmsalından asılı olaraq kondensatorların tutumu dəyişir. Bunu aşağıdakı hesablama ilə əsaslandırırıq. Tutaq ki, iki eyni yükə malik olan yüklər arasında elektrik sahəsi yaranmışdır. Bu zaman həmin yüklər arasındakı məsafə r olarsa, onda bu yüklər arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvəsi

$$F = \frac{q^2}{\epsilon r^2} \quad (5)$$

Bu ifadədə $\frac{F}{q} = E$ elektrik sahəsinin intensivliyidir. Onda

$$E = \frac{q}{\epsilon r^2} \quad (6)$$

Elementar fizikadan bilirik ki, iki nöqtəvi yük arasındakı elektrik sahəsinin intensivliyi həmin sahəni yaradan potensiallar fərqi ilə düz mütənəsbdir. Onda

$$E = \frac{u}{r} \quad (7)$$

ifadəsini (1.5-də qeyd olunub) nöqtəvi yük üçün yazsaq, alarıq: Bunu (6) ifadəsində yerinə yazsaq, alarıq:

$$\frac{u}{r} = \frac{q}{\epsilon r^2} \quad (8)$$

Buradan

$$\frac{q}{u} = \epsilon r \quad (9)$$

(8) ifadəsindəki $\frac{q}{u} = c$ sabit kəmiyyət kimi kimi görünürsə də lövhələr arasındakı məsafədən və dielektrik nüfuzluğundan asılı olaraq dəyişə bilər. Buna elektrik tutumu deyilir. (8) ifadəsindən belə nəticə çıxartmaq olar ki, elektrik tutumu dielektrikin əmsalından və onun ölçüsündən asılı olaraq dəyişir. Bunu nəzərə alıb müxtəlif konstruksiyaya malik kondensatorlar hazırlanır. İndi həmin kondensatorlar haqqında məlumat verək.

§1.8 KONDENSATORLAR

Demək olar ki, bütün elektrik dövrlərində kondensatordan istifadə olunur. Kondensatorları xarakterizə edən nominal kəmiyyətlər onların tutumları və işçi gərginlikləridir. Əvvəlki paragrafda qeyd etmişdik ki, tutum ölçü və mühitdən asılı olan kəmiyyətdir. Əgər (1.7-9) ifadəsində $\epsilon = 1$ qəbul etsək onda $\frac{q}{u} = r = c$. Bu o deməkdir ki, tutum ölçü ilə xarakterizə olunur. Əgər elektrik yükünün və gərginliyinin SQSE-dəki (Mütləq vahidlər sistemi) qiymətlərini yuxarıdakı düsturda yerinə yazsaq, alarıq.

$$C = \frac{3 \cdot 10^9 SQSE}{1} = 9 \cdot 10^{11} sm = 9 \cdot 10^9 m = 9 \cdot 10^6 km = 9000000 km$$

Göründüyü kimi, bu ədəd günəşin radiusundan 13 dəfə çoxdur. Çünki günəş radiusu 696000 km-dir. Texniki vahidlər sistemində tutumun vahidi Faradla ölçülür.

$$1F = \frac{1kl}{1V}$$

Lakin 1Farad çox böyük ədəd olduğu üçün texnikda istehsal olunan kondensatorlar faradın törəmələri ilə markalanır. Bunlar mikrofaraad (mkF) və pikofaraddır (pkF) $1mkF = 10^{-6}F$, $1pkF = 10^{-12}F$ münasibətindədir. Kondensatorlar konstruktorlarına görə 3 növdə olurlar.

1. *Müstəvi kondensatorlar.* İki paralel müstəvi, en kəsik sahəsi S aralarındakı məsafəsi d olan lövhələr arasında ϵ nüfuzluğuna malik dielektrik yerləşdirsək müstəvi kondensator əmələ gələcəkdir. Müstəvi kondensatorun tutumunu hesablayaq. Tutaq ki, S sahəsinə malik olan lövhə üzərində bir q yükü E_q intensivliyinə malik elektrik sahəsi yaratmışdır. Bu intensivlik aşağıdakı kimi hesablanacaq.

$$E_q = \frac{q}{r^2} \quad (1)$$

r yükün ətrafında olan sahənin radiusudur. Bu sahə sferik olduğu üçün onun qiyməti $S = 4\pi r^2$. Buradan $r^2 = \frac{S_q}{4\pi}$. Bunu (1)-də yerinə yazsaq:

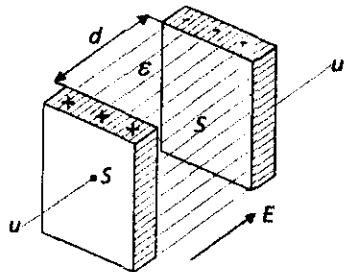
$$E_q = \frac{q \cdot 4\pi}{S_q} \quad (2)$$

(2) düsturunu bir q yükünün yaratdığı sahənin intensivliyini hesablamaq üçündür. Bu düsturunu ümumi sahə üçün yazsaq, onda aşağıdakı şəkllə düşür.

$$E = \frac{q_s \cdot 4\pi}{\epsilon \cdot S} \quad (3)$$

q_s S sahəsinə malik olan lövhədəki elektrik yükünün ümumi miqdarıdır. Lövhələr arasındakı potensial fərqi $U = E \cdot d$ kimi hesablanır. Bunu (3) ifadəsində nəzərə almaqla aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$U = \frac{q_s \cdot 4\pi}{\epsilon \cdot S} \cdot d$$



Buradan

$$\frac{q_s}{U} = C = \frac{\varepsilon \cdot S}{4\pi \cdot d} \quad (4)$$

Bu ifadə müstəvi kondensatorların tutumunu hesablamaq üçündür. Deməli, müstəvi kondensatorlarda tutum lövhələr arasındakı məsafə ilə tərs sahə ilə düz mütənasibdir. Bunu nəzərə alıb müstəvi kondensatorları kiçik faradlarla istehsal edirlər.

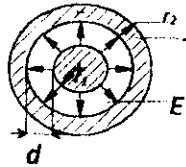
2. Kürəvi kondensatorlar. Ölçüləri r_1 və r_2 olan aralarında ε dielektrik nüfuzluğu olan iki kürəcik biri digərinin içərisində olduqda kürəvi kondensatorlar alınır. İki kürə arasındakı mühitin sahəsi

$$S = \frac{4\pi(r_1^2 + r_2^2)}{2} \quad (5)$$

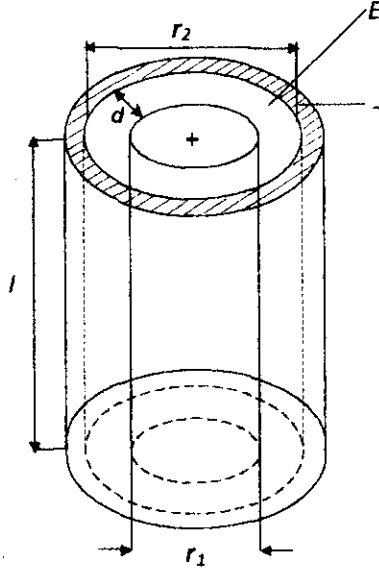
kimi hesablanır. Kürələr arasındakı mühitin qalınlığı isə $d = r_2 - r_1$ Onda bunları (4)-də yerinə yazsaq alarıq:

$$C = \frac{4\pi(r_1^2 + r_2^2) \cdot \varepsilon}{2 \cdot 4\pi(r_2 - r_1)} = \frac{\varepsilon(r_1^2 + r_2^2)}{2(r_2 - r_1)}$$

Burada $\frac{r_1^2 + r_2^2}{2(r_2 - r_1)}$ ifadəsi kürələrin ölçülərini xarakterizə edən bir hesablamadır. Bu cür kondensatorlar da ölçülərin biri-birinə yaxın olmasına baxmayaraq onların tutumlarını kəskin artırmaq olur. Odur ki, bu tip kondensatorlar mikrofaradlarla istehsal olunur.



3. Silindirik kondensatorlar. İki silindir aralarında ε dielektrikli olmaq şərti ilə birini digərinin içərisinə qoysaq bu zaman silindirik kondensator alınır. Bu zaman bu tip kondensatorların üç ölçüsü olacaqdır.



Kondensatorlar arasında qalan ϵ dielektrik mühitinin qalınlığı $d = r_2 - r_1$, sahəsi isə $S = \frac{2\pi(r_1+r_2)l}{2}$ kimi hesablanacaq. Onda bunları (4)-də yerinə yazsaq, alarıq:

$$C = \frac{\pi l \cdot \epsilon(r_1 + r_2)}{4\pi(r_2 - r_1)} = \frac{l \cdot \epsilon(r_1 + r_2)}{4(r_2 - r_1)} \quad (6)$$

(6) ifadəsindən bizə məlum olur ki, silindirik kondensatorlarda uzunluq ölçüsü olan l əsas rol oynayır. Belə ki, onun qiyməti artdıqca kondensatorun tutumu da artır. Bu isə silindirik kondensatorların qabarıq ölçülərinin artmasına səbəb olur. Bunun üçün bu cür kondensatorları dielektrik nüfuzluğu çox olan materiallardan hazırlayırlar.

§1.9 YARIMKEÇİRİCİLƏR

Elektrik keçiriciliyinə görə dielektriklərlə metallar arasında orta vəziyyət tutan materiallara yarımkeçiricilər deyilir. Elektronikada ən çox istifadə olunan materiallar germanium, silisium, qalium, arseniumdur. Yarımkeçirici materialların bir xüsusiyyəti də vardır ki, onlar xarici təsirdən asılı olaraq öz

keçiricilik xassələrini dəyişə bilərlər. Məsələn, temperaturun, işıqlanmanın, elektrik sahəsinin, sıxılmanın və s. təsirindən yarımkeçiricidə cərəyan axını dəyişir. Yarımkeçiricilərdə cərəyanın yaranmasının təbiətini araşdıraraq. Əvvəlki paragraflarda qeyd etmişdik ki, əsas cərəyan daşıyıcı element elektronlardır. Lakin burada elektronlardan başqa onun atomda boş qalmış yeri də müəyyən qədər rol oynayır. Adi halda yarımkeçiricinin kristal qəfəsindəki atomlarla elektronlar arasında sıx rabitə olur. Qeyd etmək lazımdır ki, yarımkeçiricinin atomlarının valent elektronları mövcuddur. Həmin bu valent elektronları xarici təsirin nəticəsində atomu tərk edirlər. Lakin sonradan bu elektronlar digər atomların boş qalmış elektron yerlərinə (yəni deşiklərə) daxil olurlar. Yəni bir növ bu elektronlar bir atomdan digər atoma sıçrayırlar. Elektronlarla atomlar arasında bu cür əlaqəyə kovalent əlaqə deyilir. Kovalent əlaqədə aydın görünür ki, bir elektron iki və ya daha çox atomun elektronu ola bilər. Deməli, belə çıxır ki, adi halda yarımkeçiricilərdə atomlarla elektronlar arasında olan bu rabitə yarımkeçiricini dielektrik kimi xarakterizə edir. Lakin yarımkeçiricilərin bir xüsusiyyəti də vardır ki, onların tərkibinə aşqar daxil etdikdə kristal qəfəs daxilində olan elektronların sayı ya çoxala bilər, ya da heç olmaz. Birinci halda aşqara donar, yarımkeçiriciyə isə (negativ) n tipli, ikinci halda aşqara akseptor, yarımkeçiriciyə isə (pozitiv) p tipli yarımkeçirici deyilir.

§1.10 XARİCİ FAKTORLARIN TƏSİRİ İLƏ YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ KEÇİRİCİLİYİN ARTIRILMASI

Tutaq ki, yarımkeçirici daxilində w_B valent enerjisinə malik n_0 sayda elektronlar vardır. Əgər biz həmin yarımkeçiricini müəyyən T temperaturu qədər qızdırsaq, onda onun atomlarla zəif əlaqəsi olan elektronları artaraq n sayına bərabər olacaqdır. Həmin elektronların hesabına yaranan enerji w_k olacaqdır.

Bildiyimizə görə zərrəciklərin kinetik enerjisi

$$w_k = \frac{i}{2} kT$$

Burada i zərrəciklərin sərbəstlikdərəcəsi olub onların koordinatlarını xarakterizə edir. Bunu nəzərə alıb ikiqiymətli koordinat sistemi üçün $i=2$ yazsaq Yuxarıdakı ifadənin hər iki tərəfini n_0 -ə vurub bölsək və diferensiaslama əməliyyatı aparsaq, onda

$$dw = kT \frac{dn}{n} \quad (1)$$

alırıq. Buradan

$$\frac{dn}{n} = \frac{1}{kT} dw \quad (2)$$

yazmaq olar. Hər tərəfi n_0 -dan n -ə kimi inteqrallasaq, aşağıdakıları alırıq.

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = \frac{1}{kT} \int_{n_0}^n dw$$

Buradan

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = \ln \frac{n}{n_0} \quad (3)$$

və

$$\frac{1}{kT} \int_{n_0}^n dw = \frac{1}{kT} w \Big|_{n_0}^n$$

Bu ifadələri yuxarıda yerinə yazsaq, alırıq:

$$\ln \frac{n}{n_0} = \frac{1}{kT} w \Big|_{n_0}^n = \frac{1}{kT} [w(n) - w(n_0)] \quad (4)$$

$$w(n) = w_k \text{ və } w(n_0) = w_B$$

olduğundan

$$\ln \frac{n}{n_0} = -\frac{1}{kT} (w_k - w_B) = -\frac{\Delta w}{kT} \quad (5)$$

Buradan temperatur nəticəsində yaranan hissəciklərin sayı

$$n = n_0 e^{-\frac{1}{kT} \Delta w} \quad (6)$$

alınacaq. Düsturda $\Delta w = w_B - w_k$ kimi hesablanmışdır. Bu ifadədə n_0 vahid həcmə düşən hissəciklərin sayıdır. Müxtəlif materiallar üçün müxtəlif cür olur. Məsələn, germanium üçün $5 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$, silisium üçün $2 \cdot 10^{20} \text{ sm}^{-3}$ olur. Düsturda əsas mahiyyət kəsb edən kəmiyyət Δw - dir. Bu iki enerji sərhəddi arasında qalan müəyyən zolaqdır ki, ona da qadağan olunmuş zona deyilir. Bu zonanın fiziki mənasını aşağıdakı kimi izah etmək olar.

Bunun üçün temperaturun sıfır və sonsuzluq qiymətlərini (6) ifadəsində qoymaqla ifadəni hesablayaq.

1) Əgər $T=0$ olarsa, onda

$$n = \frac{n_0}{\frac{\Delta w}{e^{k \cdot 0}}} = \frac{n_0}{e^{\infty}} = 0$$

alınar.

2) $T = \infty$ olarsa, onda

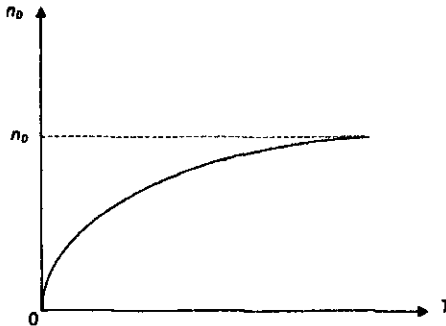
$$n = \frac{n_0}{\frac{\Delta w}{e^{k \cdot \infty}}} = \frac{n_0}{e^0} = n_0$$

alınar.

Yuxarıdakı hesablamalardan belə çıxır ki, temperaturun sıfır qiymətində hissəciklər olmur. Klassik fizikada buna maddənin ölü halı və ya yox olması adı verilmişdir. Lakin mütləq sıfır temperaturun alınması hələlik mümkün olmadığı üçün hissəciklərin də yoxa çıxması halını hələ heç kəs görməyib. Odur ki, bu problemi kvant fizikası aşağıdakı kimi izah edir. Mütləq sıfır temperaturunda hissəciklərin yalnız irəliləmə hərəkəti dayanır. Onların dayandıqları yerdə harmonik rəqsləri davam edir. Bu isə onu göstərir ki, onlar müəyyən kinetik enerjiyə malikdirlər. Bu kinetik enerji aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$w_k = \frac{h\nu_0}{2} + \frac{h\nu}{e^{kT} - 1} \quad (7)$$

Burada əgər $T = 0$ olarsa, $w_k = \frac{h\nu_0}{2}$ olacaqdır. Burada ν_0 – başlanğıc rəqsin tezliyi, ν – isə temperatur nəticəsində yaranan zərrəciyin tezliyidir.



Əgər x – oxunda T – ni, y – oxunda n – i götürsək onda $n = f(T)$ qrafiki. (6) ifadəsinə görə aşağıdakı kimi olacaqdır. İkinci halda yəni $T = \infty$ halında klassik fizikada hissəciklərin sayının sabit qalması, yəni temperatur olmayan haldakı sayı (n_0) göstərilir. Ancaq kvant fizikasında (5) düsturuna əsasən kinetik enerji

$$w_k = \frac{hv_0}{2} + hv$$

alınır. Bu isə onu göstərir ki, enerji v – nün dəyişməsi ilə dəyişəcəkdir.

(5) ifadəsində biz enerji dəyişməsini $\Delta w = (w_B - w_k)$ kimi hesabladıq. Bu ona görədir ki, əslində $w_B > w_k$ – dir.

Çünki w_k – temperaturun artması hesabına yaranmasına baxmayaraq keçiricilikdə iştirak edən elektronların və ya digər hissəciklərin enerjisidir. Bu isə valentlik enerjisindən az olur. Hesablamada w_k – əvvəl, w_B – sonra gəlidiyi üçün Δw – işarəsi mənfi işarələndir. Δw – həmin qadağan olunmuş zonanın qalınlığını ifadə edir.

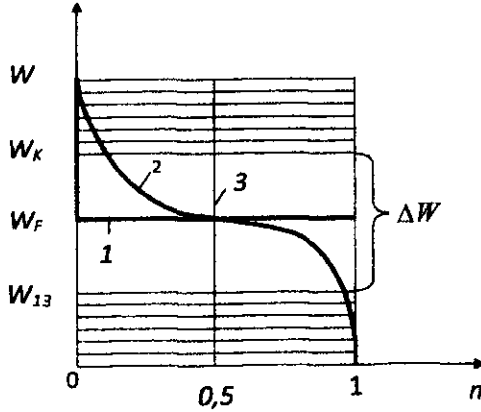
Onda nəticə olaraq belə demək olar ki, əslində qadağan olunmuş zona valentlik enerjisi ilə keçiricilik enerjisi arasında riyazi fərq olaraq həm valentlik, həm də keçiricilik zonalarında olan xüsusiyyətləri özündə əks etdirmir. Yəni müstəqil zona kimi fəaliyyət göstərir. Bu zonanın ölçüsü temperaturdan asılı olaraq dəyişir.

Bunu ilk dəfə İtalyan fiziki Fermi araşdırmışdır. Həmin araşdırmanın nəticəsi olaraq qadağan olunmuş zonanın mərkəzi fermi səviyyəsi adlandırılmışdır. Bu səviyyənin riyazi ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$w_F = \frac{h^2}{8me} \left(\frac{3N}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

Burada h – plan sabiti, me – elektronun çəkisi, N – sərbəst elektronların sayı $1\text{sm}^3 - d\delta$.

Fermi səviyyəsini qrafiki olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Qrafikdə y – oxunda enerjini, x – oxunda işə elektronların energetik səviyyələrdə olan sayının ehtimalıdır. Əslində bu (6) ifadəsində $e^{\frac{\Delta W}{kT}}$ – nin potensial vurğusudur.

Yəni qeyd etdiyimiz kimi $T = 0$ olarsa $e^{\frac{\Delta W}{kT}} = 0$, $T = \infty$ olarsa $e^{\frac{\Delta W}{kT}} = 1$ olar.

Birinci halda yəni $T = 0$ olanda (1) sınıq xətti yarımkəçiricinin daxilində ancaq valentlik zonasının qaldığını göstərir. Temperaturun artması ilə elekttronlar zonasını yaradaraq valent zonasından keçiricilik zonasına keçirlər. Bu (2) əyrisi üzrə baş verir. Bu zaman əmələ gələn qadağan zonasının mərkəzində Fermi səviyyəsi yerləşir.

Bir çox yarımkəçiricilərdə bu səviyyə çox da nəzərə çarpmır. Odur ki, bu yarımkəçiriciləri kiçik temperaturda da qızdırdıqda onların keçiriciliyi hiss olunacaq dərəcədə artır.

§ 1.11. İŞIĞIN TƏSİRİ İLƏ YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ KEÇİRİCİLİYİN ARTIRILMASI

Elə yarımkəçiricilər var ki, onların üzərinə işıq düşdükdə onlarda keçiricilik əmələ gəlir. Buna fotoeffekt hadisəsi deyilir. Fotoeffekt hadisəsinin izahı işığın kvant nəzəriyyəsinə əsasən aparılır. Kvant

nəzəriyyəsində qeyd olunur ki, işıq seli fotonlardan təşkil olunmuşdur. Bu fotonların enerjisi

$$w_{\Phi} = h\nu \quad (1)$$

kimi hesablanır. Burada h – plank sabiti, ν – şüalanma tezliyidir. Həmin bu foton enerjisi yarımqeçirici daxilində müəyyən iş görür. Hansı ki, bu iş elektronun yaranması işi deyildir. Başqa sözlə desək, elektronun atomu tərketmə işi deyildir. Lakin bilirik ki, elektron həm də atomla birlikdə müəyyən kinetik enerjiyə malikdir. Belə olan təqdirdə foton enerjisi elektronun kinetik enerjisinə də üstün gəlməsidir. Bu münasibəti Eynşteyn aşağıdakı düsturda ifadə etmişdir.

$$h\nu = A_{\zeta} + \frac{m_e v_e^2}{2} \quad (2)$$

burada A_{ζ} – elektronun atomu tərketmə işi, m_e – elektronun çəkisi, v_e – yarımqeçirici daxilində sürətidir.

Elektronun atomu tərketmə işi və ya qısaca olaraq çıxış işi əsasən fotonun enerjisinə bərabər olmalıdır. Yəni

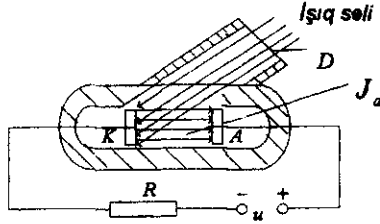
$$A_{\zeta} = h\nu_0 \quad (3)$$

Burada ν_0 – elə bir tezlikdir ki, bu tezlikdə olan fotonlar yalnız elektronu atomdan ayırırlar. Başqa sözlə desək, $\nu_0 < \nu$ həddindədir. Burada ν_0 və ondan aşağı qiymətlərdə olan dalğa tezlikli foton enerji zolağına fotoqeçiriciliyin qırmızı sərhəddi deyilir. (3) düsturuna əsasən qırmızı sərhəddin tezliyi:

$$\nu_0 = \frac{A_{\zeta}}{h} = \frac{eU_0}{h} \quad (4)$$

burada U_0 – fotoeffekt hadisəsini müşahidə etmək üçün işlədilən cihaza tətbiq olunmuş gərginlikdir. Hansı ki, bu gərginlik həmin cihazda bu elektronun xaricə çıxma işini təmin edir.

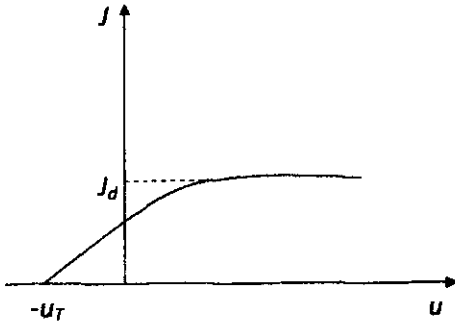
Fotoeffekt hadisəsini müşahidə etmək üçün aşağıdakı şəkildən istifadə olunur. Əgər biz işıq seli düşən D dəliyini qapasaq bu zaman J_a cərəyanı axmayacaq.



Şekildən

$$U = U_{AK} + U_R \quad (5)$$

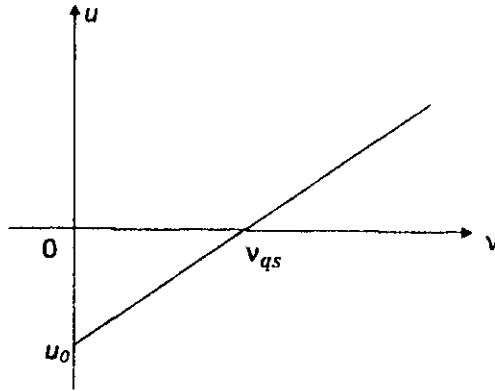
burada U – şəbəkə gərginliyi. U_{AK} – K və A lövhələri arasındakı gərginlik, U_R – isə R müqavimətinə düşən gərginlikdir. Əgər şəbəkə gərginliyini açsaq yəni $U = 0$ olsa onda $U_{AK} = -U_R$. Buradan belə zənn etmək olar ki, şəbəkə gərginliyinin açılmasına baxmayaraq A və K lövhələri arasında qiymətə R müqavimətindəki gərginlik düşgüsünə bərabər gərginlik qalır. Lakin həqiqətdə elə bu cür olur. Yəni aktiv R müqavimətindəki gərginliyə əks olan gərginlik düşgüsü yaranır ki, bu da düşən işıq selinin nəticəsində lövhələr arasında əmələ gəlmiş elektronların hesabına olur. Həmin bu gərginliyə U_T – tormozlayıcı gərginlik deyilir. Qrafiki olaraq bunu aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Qrafikdə J_d – doyma cərəyanı adlanır. Doyma cərəyanı o vaxt olur ki, K – lövhəsindən çıxan elektrodların hamısı A lövhəsinə doğru hərəkət edir. Yəni bundan sonra heç bir elektron emisiyasında artım baş vermir. Qeyd etdik ki, tormozlayıcı gərginlik düşən işıq selinin hesabına əmələ gəlir. Belə olan halda onun foton tezliyi ilə münasibətinə baxmaq lazımdır. Tutaq ki, D

dəliyəndən işıq seli düşür. Bu zaman foton tezliyi $\nu = 0$ olur. Əgər deşiyi açsaq və işıq selini artırsaq onda ν – çoxalmağa başlayacaq. Hər hansı ν_{qs} qiymətində artıq gərginlik sıfırdan keçib tezliyin artımına uyğun artmağa başlayacaq. Bu halı aşağıdakı qrafikdə göstərək.

Qrafikdə U_0 – tezliyi sıfır qiymətində lövhələr arasında olan qalıq gərginliyidir. Bu gərginlik D dəliyi bağlandıqdan sonra lövhələr arasında qalan elektronların hesabına əmələ gəlir. $U = f(\nu)$ qrafiki xətti olduğu üçün onun düsturu aşağıdakı kimi olar.



$$U = k\nu + U_0 \quad (6)$$

burada k – sabit kəmiyyət olub sürüşmə əmsalı adlanır. Qrafikə əsasən yazıla bilər ki, $\nu = \nu_{qs}$ olsa $U = 0$ olar, onda

$$k\nu_{qs} = U_0 \quad (7)$$

Hər tərəfi e – ə vuraq onda

$$k\nu_{qs} \cdot e = U_0 \cdot e \quad (8)$$

(4) və (8) ifadələrinin həllindən

$$k = \frac{h}{e} \quad (9)$$

alınır. Sürüşmə əmsalını hesablamaq üçün elektronun yükünü və plank sabitini düsturda yerinə yazsaq, onda

$$k = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{-13} \frac{c \cdot s}{kl}$$

alarıq. Belə olan halda (7) ifadəsinə əsasən demək olar ki, fotonun v tezliyi və qalıq gərginliyinin qiymətlərinin dəyişməsi bütün yarımkeçiricilər üçün eyni sabit kəmiyyət olur. Yəni biz qalıq gərginliyini ölçməklə bütün yarımkeçiricilər üçün qırmızı (v_{qs}) sərhəddi hesablaya bilərik.

Məsələn, germanium üçün $v_{qs} = 272 \text{ n.m} = 2,77 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ həddindədir və yaxud sezium üçün 662 n.m – dir. Burada $n.m$ – nonometr deməkdir. $1 \text{ n.m} = 10^{-9} \text{ m}$ – dir.

§ 1.12. ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ İLƏ YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ KEÇİRİCİLİYİN DƏYİŞMƏSİ

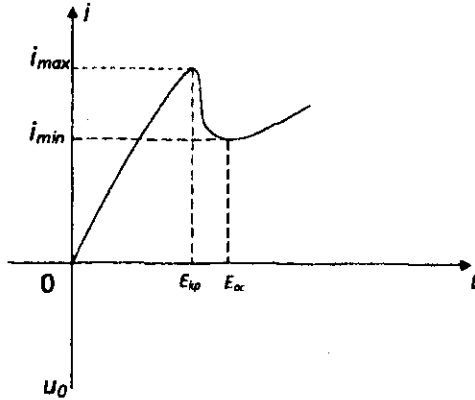
Tutaq ki, iki A və B lövhələri arasında elektrik sahəsi yaranmışdır. Bu lövhələr arasında yerləşdirilmiş bir yarımkeçirici materialın daxilində sahənin təsiri ilə baş verəcək hər hansı bir dəyişməni nəzərdən keçirək.

Aydın məsələdir ki, atomlarla zəif əlaqədə olan elektronlar onu sahənin təsiri ilə tərk edərək nəinki yarımkeçiricinin kristal qəfəsinin daxilinə doluşacaqlar, həm də bu sahənin təsiri ilə müsbət qütbə doğru hərəkət edəcəklər. Əgər biz sahə intensivliyini artırısaq onda atomları tərk edən elektronların sayı artmağa başlayacaq və yarımkeçirici daxilində axan cərəyanın qiyməti də artmağa başlayacaqdır.

Bu o vaxta kimi davam edir ki, yarımkeçirici daxilində cərəyanın artmasına maneçilik törədən elektronlar əmələ gəlir. Həmin bu elektronlar sahənin güclü təsiri ilə atomları tərk etmiş elektronlar olur. Onlar yarımkeçiricinin kristal qəfəsinin daxilinə doluşaraq cərəyanda iştirak edən elektronlara maneçilik törədirlər. Bu zaman yarımkeçiricidən axan cərəyan azalmağa başlayır.

Sahə intensivliyini artırmağa davam etsək bu zaman intensivliyin E_{as} – (astana) həddindən sonra cərəyan yenidən çoxalmağa başlayacaqdır. Cərəyanın bu artımının səbəbi kristal qəfəs daxilindəki atomları tərk etmiş elektronların sayının azalmağa doğru getməsi və artıq sahənin təsiri ilə çıxmış elektronların cərəyanda iştirak etməsidir. Yarımkeçiricilərdə bu halın baş verməsi Hanna effekti adlanır. Hanna effektinin spesifik xüsusiyyəti yuxarıdakı izahatdan aydın olur ki, əsasən sabit cərəyanın gücünün

artırılmasından ibarətdir. Bu hallarda gələcəkdə tranzistorlar haqqında danışıqda tanış olacağıq.



§ 1.13. MAQNİT SAHƏSİNİN TƏSİRİ İLƏ YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ KEÇİRİCİLİYİN DƏYİŞMƏSİ

Qeyd etdik ki, elektronlar müxtəlif səbəbdən atomları tərk edərək valent zonasından keçiricilik zonasına keçirlər. Bu keçiricilik zonasında onlar xaotik hərəkətdə olduqları üçün elə bil ki, bir – birlərinə maneçilik törədirlər. Əgər müəyyən xarici təsir olmazsa onların bəziləri yenidən valentlik zonasına qayıtmalı olur. Bu hal baş verdikdə müəyyən foton enerjisi şüalanır. Belə şüalanmaya (spontan) özbaşına şüalanma deyilir. Lakin əgər bu şüalanma xarici təsirdən, məsələn maqnit sahəsinin təsiri ilə baş verirsə belə şüalanmaya induktiv şüalanma deyilir. Ümumiyyətlə isə bu, məcburi şüalanma adlanır.

Biz maqnit sahəsinin elektrona təsirini öyrənən zaman qeyd etdik ki, maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin istiqamətindən asılı olaraq elektron ya sahə xətlərinə perpendikulyar, ya da spiralvari hərəkət edir. Bu halları nəzərə alaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, elektron atomu tərk edərkən o müəyyən foton şüalandırır və bu foton digər fotonlara eyni istiqamətə doğru hərəkət edib güclü işıq seli yaradırlar. Lakin əgər biz elektrona elektromaqnit

dalğaları vasitəsi ilə təsir göstərsək onda elektromaqnitin fotonları bu işi sürətləndirəcəkdir.

Yəni işığın induktiv şüalanma nəticəsində güclənməsi baş verəcəkdir. Bunu ingilis dilində yazsaq, aşağıdakı kimi olar. Light Amplication by Stimulated Emission of Radiation – və ya baş hərfləri yazsaq LASER – yəni lazer alınacaq. Lazer prinsipi əsasında yaradılmış yarımkeçiricilərə optik diapazonlu kvant generatorları deyilir. Belə yarımkeçiricilərə misal olaraq arsenid – indium, sürmə - indium və tellur – qurğuşun tərkibli materialları göstərmək olar.

İndi tutaq ki, B – induksiyaya malik maqnit sahəsinə d – qalınlıqlı, a – uzunluqlu və b – eninə malik bir yarımkeçirici qoyulmuşdur. Bu yarımkeçiricinin 1 və 2 nöqtələri arasında i_1 cərəyanı axarsa bu cərəyanla maqnit sahəsi arasında münasibətə görə yarımkeçiricinin 4 nöqtəsinə mənfi yüklü elektronlar toplaşacaq. Hansı ki, bu elektronlar F_l – lorens qüvvəsinin təsiri ilə bu nöqtəyə toplaşacaqlar. Onda yarımkeçiricinin 3 nöqtəsi müsbət yüklənmiş olacaqdır. Bu zaman 3 və 4 nöqtələri arasında əmələ gələn elektrik sahəsinin intensivliyi

$$E = \frac{A}{b \cdot e} = \frac{F_E}{e} \quad (1)$$

olacaq. Buradan elektrona təsir edən elektrik sahəsinin təsir qüvvəsi

$$F_E = E \cdot e \quad (2)$$

Difər tərəfdən lorens qüvvəsi

$$F_l = B \cdot e \cdot v \quad (3)$$

Elektronlar yarımkeçiricinin 4 nöqtəsindən 3 nöqtəsinə hərəkət edən zaman bu iki qüvvə tarazlaşır. Onda yazıla bilər ki,

$$F_E = F_l$$

və ya

$$Bev = E \cdot e$$

Buradan elektronların sürəti

$$v = \frac{E}{B} \quad (4)$$

kimi hesablanıla bilər. Digər tərəfdən i_1 – cərəyanının sıxlığı

$$j = ne \cdot v \quad (5)$$

və cərəyan şiddəti

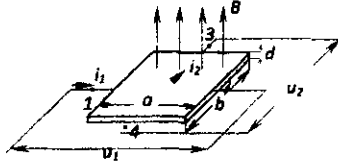
$$i = j \cdot s = nes \cdot v$$

Burada $S = d \cdot b$ olduğundan $i = ned \cdot b \cdot v$ onda elektronların sürəti

$$v = \frac{i}{ned \cdot b} \quad (6)$$

Bunu (4) – də yerinə yazsaq alarıq.

$$\frac{i}{ned \cdot b} = \frac{E}{B}$$



Buradan 3 və 4 nöqtələri arasında əmələ gəlmiş elektrik sahə intensivliyi

$$E = \frac{iB}{ned \cdot b} = k_x \frac{iB}{d} \quad (7)$$

(7) ifadəsində k_x – Hall sabiti adlanır. 3 və 4 nöqtələri arasında əmələ gələn elektrik sahəsinin intensivliyi isə Hall induksiya e.h.q.-si adlanır. Yuxarıda apardığımız araşdırmalar Hall effekti adı ilə məşhur olmuşdur. Hall effektinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, hər hansı yarımkeçirici maqnit sahəsində qoyularsa ondan əsas cərəyan axınına perpendikulyar cərəyan axır. Bu xüsusiyyətdən elektrik və maqnit kəmiyyətlərinin ölçülməsi prosesində, çeviricilərdə və s. istifadə olunur.

Bu vaxta kimi biz elektronikada istifadə olunan materialların xüsusiyyətləri ilə tanış olduq. Yəni onların atom quruluşları müxtəlif şəraitlərdə nə kimi vəziyyətlərə düşdükləri haqqında məlumat verdik. Növbəti bölmələrdə biz bu materialların istifadə olunduğu yerləri qeyd edəcəyik və materialların tətbiq olunduğu cihazların iş prinsipi ilə tanış olacağıq. İlk növbədə elektron cihazların düzləndirmə işlərində tətbiqi haqqında geniş məlumat veririk.

II FƏSİL. ELEKTRON CİHAZLARININ DÜZLƏNDİRMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

§ 2.1. İKİ ELEKTRODLU ELEKTRON LAMPASI – DİOD

İçerisində vakum yaradılmış dəmir və ya şüşə balon daxilində elektrik sahəsi yaratmaq üçün iki elektrodu olan cihaza – diod deyilir. Elektrodlardan biri elektron şüalandıran katod, digəri elektron qəbul edən anod adlanır. Katodun elektron şüalanması termoelektron emisiyası hadisəsinə əsaslanmışdır.

Termoelektron emisiyası hadisəsinə araşdıran zaman biz qeyd etdik ki, elektronlar xaricə istiliyin təsiri ilə çıxırlar. Odur ki, katod istiliyə həssas olan materialdan hazırlanır ki, onu müəyyən qədər qızdırmaqla emisiya hadisəsi tez baş versin.

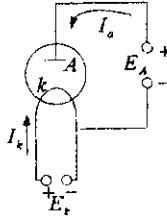
Katodlar əsasən üç növ olurlar.

Birinci növ katodlar volframdan hazırlanır. Bu katodlar birbaşa qızdırılır.

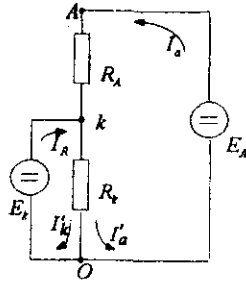
İkinci növ katodlar təbəqəli olurlar. Məsələn, volframın üzərinə torium təbəqəsi çəkilir. Bu növ katodlar dolayısı qızdırılan adlanırlar.

Üçüncü növ katodlar da dolayısı qızdırılanlara aiddir. Lakin burada katod - üzərinə oksidləşdirilmiş barium, kalsium kimi metalları alan nikeldən ibarətdir. Anod materialı da katod kimi istiliyə davamlı materiallar olan nikel, molibden və tantaldan olur. Elektrik sahəsini yaratmaqdan ötrü katod mənfi, anod müsbət yüklənir. Bu zaman diodda iki dövrə əmələ gəlir: Katod dövrəsi və anod dövrəsi. Katodla anod arasında müəyyən gərginlik düşgüsü əmələ gəlir ki, buna da anod gərginliyi deyilir.

Aşağıda birbaşa qızdırılan katodlu diodun birləşmə sxemini veririk.



Diodun ekvivalent sxemini çəkək.



Ekvivalent sxemə əsasən

$$E_A = I_a \cdot R_A + I_k \cdot R_k$$

burada

$$I_k = I'_a + I'_k$$

onda

$$E_A = I_a \cdot R_A + R_k \cdot I'_a + R_k \cdot I'_k \quad (1)$$

nəzərə alsaq ki, I'_a və I_a cərəyanları eyni mənbədən çıxıb, onda $I_a = I'_a$ yazıla bilər. Eyni ilə $I_k = I'_k$ yazmaq olar.

$$E_A = I_a \cdot R_A + R_k \cdot I_a + R_k \cdot I_k$$

(1) ifadəsində $I_k \cdot R_k = E_k$ olduğundan və $R_A + R_k = R_l$ – lampa daxili müqavimət olduğunu nəzərə alıb aşağıdakıları alacağıq

$$E_A = I_a(R_A + R_k) + E_k = I_a \cdot R_l + E_k$$

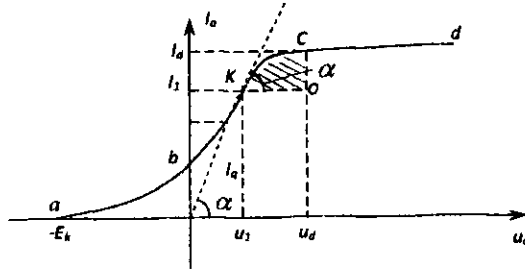
Deməli, lampanın elektrodlarına tətbiq olunmuş gərginliklər məlum olarsa, onda lampanın ümumi daxili müqaviməti aşağıdakı kimi hesablanır.

$$R_l = \frac{E_A - E_k}{I_a} \quad (2)$$

Bu düsturda $E_A - E_k = U_A$ kimi hesablanır. Əslində isə bu, lampanın ümumi gərginliyidir. Yəni (2) düsturuna görə

$$I_a = \frac{U_A}{R_l} = \frac{E_A - E_k}{R_l} \quad (3)$$

Bu ifadədən istifadə edib diodun volt – amper xarakteristikasını qurmaq olar.



(3) ifadəsində $E_A = 0$ olarsa, yəni anoda heç bir gərginlik tətbiq olunmazsa $U_A = -E_k$. Bundan sonra biz gərginliyi sıfır qiymətinə kimi artırısaq, yəni $E_k = E_A$ olsa, onda lampadan müəyyən qədər I_q qalığı cərəyanı axacaqdır. Hansı ki, bu cərəyan katodun mənfi gərginliklə emisiyalanması zamanı ondan çıxan elektronların hesabına baş verəcəkdir. Bundan sonra gərginliyi müsbət istiqamətə doğru artırısaq buna mütənasib olaraq anod cərəyanı da artmağa başlayacaqdır. Ancaq elə bir hədd gəlib çatır ki, (U_d) anod gərginliyinin bu qiymətindən sonra cərəyan artmayıb sabit qalır. Bu onunla izah olunur ki, katod tərəfindən emisiyalanmış bütün elektronlar anod tərəfindən qəbul edilir və cərəyanın artması üçün əlavə elektron qalmır. (4) ifadəsində $I_A = const$, yəni anod cərəyanı sabit qalırsa, deməli, belə çıxır ki, gərginliyin dəyişməsində R_l – daxili müqavimətinin dəyişməsi də baş vermiş olur. Həqiqətən də diodlarda daxili müqavimətin dəyişməsi $100 \text{ om} \div 4 \text{ kom}$ həddində baş verir. Belə olan halda daxili müqaviməti aşağıdakı kimi də hesablamaq olar.

$$R_l = \frac{dU_d}{dI_a} \quad (4)$$

Daxili müqavimətin əks qiyməti xarakteristikanın dikliyi adlanır. Qrafika əsasən ΔOKC – də xarakteristikanın dikliyini

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{I_a - I_1}{U_d - U_1} = \frac{1}{R_l} = S \quad (5)$$

kimi hesablamaq olar.

Deməli, ümumi nəticə olaraq belə qərara gəlmək olar ki, diodun daxili müqavimətinin dəyişməsi hesabına anod gərginliyinin dəyişməsinə baxmayaraq anod cərəyanı dəyişmir. Bu xüsusiyyətinə görə diodlardan düzləndirmə sxemlərində istifadə olunur.

Anod cərəyanının dəyişməsinin anod gərginliyindən asılılığını digər bir düsturlarla hesablama olar. Bu düstura Lençmürün ikidə üç dərəcəli qanunu deyilir.

$$I_a = gU_a^{\frac{3}{2}} \quad (6)$$

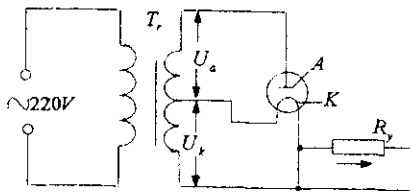
burada g – anod və katodun quruluşundan və ölçüsündən habelə onların qarşılıqlı qoyuluşundan asılı olan əmsəldir.

Bir məsələni də qeyd etmək lazımdır ki, lampa daxilində temperaturun dəyişməsindən asılı olaraq xarakteristikanın dikliyi də dəyişir. Belə ki, temperatur artıqca diklik də çoxalır. Bununla da anod cərəyanı da çoxalmağa başlayır. Bu hal diod üçün qeyri normal hal sayıldığından bəzi yüksək gərginlik diodlarında xüsusi soyutma sistemləri tətbiq olunur.

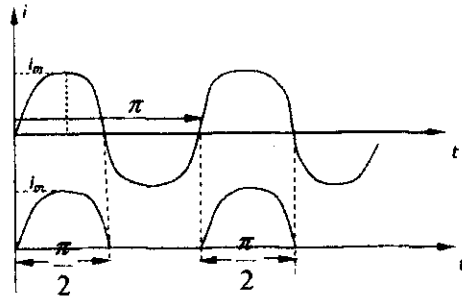
§ 2.2. DİODUN DÜZLƏNDİRMƏ SXEMLƏRİNDƏ İSTİFADƏ OLUNMASI

Elektron lampasının mühüm xüsusiyyəti onun birtərəfli keçiriciliyə malik olmasıdır. Lampada anodun müsbət katodun mənfi yüklənməsinin səbəbi olaraq cərəyan ancaq bir istiqamətdə axır. Şərti olaraq cərəyanın axma istiqamətini anoddan katoda doğru yönəlmişlər.

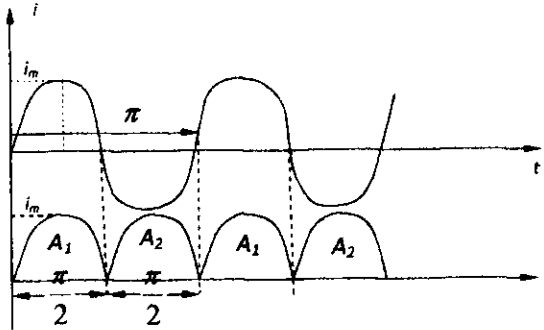
Əslində isə elektronlar katoddan anoda doğru hərəkət edir. İndi aşağıdakı sxemdə diodun düzləndirmə prosesini nəzərdən keçirək.



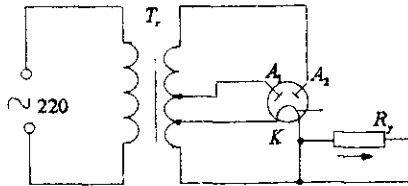
Sxemdə girişinə 220 V tətbiq olunan alçaldıcı transformatorun ikinci dolağından iki gərginlik çıxır. Bunlardan biri U_a – anod gərginliyi, ikinci U_k – katod gərginliyidir. Bilirik ki, dəyişən cərəyan sinusoidal şəklində dəyişmə xarakterinə malikdir. Yəni onun müsbət və mənfi yarımperiodları mövcuddur.



Elə ki, cərəyanın müsbət yarımperiodu gəldi, anod müsbət yüklənir və lampa işləyərək cərəyanı buraxır. Mənfi yarımperiodda isə anod mənfi yükləndiyindən elektronlar ona daxil ola bilmir və lampadan cərəyan axmır. Odur ki, bu zaman düzlənmə tam alınmır, döyünən alınır. Bunun qarşısını almaqdan ötrü iki anodlu lampadan istifadə olunur, onun sxemi və düzləndirdiyi cərəyanın qrafiki aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemin iş prinsipi aşağıdakı kimidir.



Transformatorun ikinci tərəfindən axan dəyişən cərəyan A_1 və A_2 anodlarının birini müsbət, digərini mənfi yükləyir. Müsbət yüklənmiş anod sinusoidin müsbət yarımperiodunu buraxır. Lampa işləyərək cərəyanı katoda, oradan isə R_y – müqavimətinə axadır. İkinci yarımperiod gəldikdə A_1 anodu

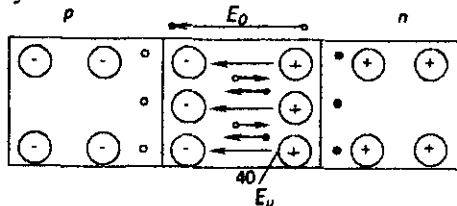
mənfi, A_2 isə müsbət yüklənir və lampa işləyərək cərəyanı buraxır və R_y müqavimətindən cərəyan axır. Beləliklə cərəyan hər yarımperiodda düzlənmiş olur. Odur ki R_y müqavimətində yalnız bir istiqamətdə cərəyan axır. Düzləndirmə məqsədi ilə istifadə olunan lampalara genetron deyilir.

Son zamanlar yarımkeçirici cihazların tətbiqi ilə lampalı düzləndiricilərə tələbat azalmışdır. Lakin yüksək gərginliklərin düzləndirilməsi üçün genetron lampalarının istifadəsi daha əlverişlidir, çünki burada anod cərəyanının və gərginliyinin artırılması mümkündür. Ancaq bunun bir çatışmayan cəhəti də budur ki, bu lampalar çox qızır və partlama təhlükəsi var. Bunu nəzərə alıb xüsusi soyutma sistemləri tətbiq olunur.

§ 2.3. YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ DÜZLƏNDİRMƏ YOLLARI VƏ YARIMKEÇİRİCİ DİOD

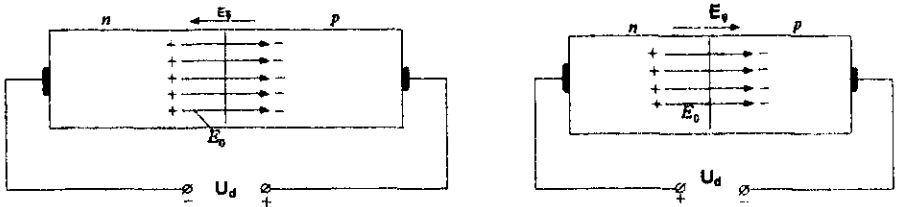
Əvvəlki paragraflarda qeyd etdik ki, yarımkeçiricilərin daxilinə aşqar daxil etdikdə onlarda keçiriciliyin xüsusiyyəti dəyişir. Yəni aşqarın növündən asılı olaraq yarımkeçirici iki tip keçiriciliyə malik olur. Buna texnikada $p - n$ keçiriciliyi adı verilmişdir. p - tipli yarımkeçiricidə aşqar elektronları udaraq ancaq deşiklərin keçiricilikdə iştirakına imkan yaradır. n - tipli yarımkeçiricidə isə aşqar, əksinə elektronların sayını çoxaldaraq ancaq elektronların keçiricilikdə iştirakına imkan yaradır.

İndi tutaq ki, iki tip keçiriciləri bir-birinə bağlayırıq. Bu zaman onların toxunma səthlərində keçid əmələ gələcəkdir. Həmin bu keçiddə baş verən hadisələri nəzərdən keçirək. Aydın məsələdir ki, bağlanma zamanı n - tipli yarımkeçiricidən p - tip yarımkeçiriciyə elektronlar, p - tip yarımkeçiricidən n - tip yarımkeçiriciyə deşiklər nüfuz edəcəkdir. Bu zaman n - tiptə müsbət yüklənmə, p - tiptə isə mənfi yüklənmə əmələ gələcəkdir. Üstəlik n - tiptə aşqarın müsbət ionlarını, p - tiptə isə aşqarın mənfi ionlarını nəzərə alsaq $p - n$ keçidində ikiqat elektrik sahəsinin yarandığını görəəcəyik.



Bu sahələrdən biri E_0 – dəşiklərlə elektronların yaratdığı sahə, digəri isə müsbət və mənfi ionların yaratdığı sahədir (E_u). Bu iki sahənin eyni istiqamətə yönəlməsi $p - n$ keçidində müəyyən qapayıcı təbəqə əmələ gətirir ki, bu təbəqə p və n yarımkəçiricilərindən yüklü hissəciklərin bir-birinə keçməsinə maneçilik törədir. Deməli $p - n$ cütünü heç bir elektrik sahəsinin təsirində olmayan zaman onun birləşmə sərhəddində əmələ gəlmiş elektrik sahəsi yüklü hissəciklərin hərəkətini məhdudlaşdıraraq qapayıcı təbəqə əmələ gətirir.

Əgər bu cütünü elektrik sahəsində yerləşdirsək özü də qapayıcı təbəqənin istiqaməti ilə bu sahənin istiqaməti eyni olsa bu zaman qapayıcı təbəqənin qalınlığı çoxalacaq, əksinə əgər xarici sahənin istiqaməti qapayıcı təbəqənin əksinə olarsa bu zaman onun qalınlığı azalacaq. Bəzi hallarda, yəni, xarici sahənin intensivliyini artırırdıqda qapayıcı təbəqə yox olacaqdır. Birinci halda yarımkəçiricidən cərəyan axmur. İkinci haldə isə yarımkəçiricidən cərəyan axmağa başlayır. Yarımkəçiricilərin bu xüsusiyyətlərindən istifadə edib onlardan cərəyanın düzləndirilməsində istifadə olunur. Belə düzləndirici cihazlardan biri də yarımkəçirici dioddur.



İndi yarımkəçirici diodun iş prinsipi ilə tanış olaq. Əvvəla qeyd etmək lazımdır ki, yarımkəçirici diodun bir neçə növü olur. Lakin $p - n$ təbəqəsinin yaradılması xüsusiyyətinə görə diodlar nöqtəvi və müstəvi növlərə ayrılırlar. Nöqtəvi diodlarda $n -$ keçiricisinin üzərində $p -$ keçiricisi nöqtə şəklində lehimlənir. Müstəvi diodlarda isə hər iki n və p yarımkəçiricisi lövhə şəklində olur. Diodu gərginliyə qoşsaq ondan bir istiqamətdə cərəyan axmağa başlayacaq. Yuxarıda göstərdiyimiz əlamətlərə görə diodu kondensator kimi təsəvvür etmək olar. Özü də bu kondensatoru dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulmuş kimi təsəvvür etmək lazımdır. n və p yarımkəçiriciləri kondensatorun köynəkləri, $p - n$ keçidi isə onun içərisində olan dielektrik misalındadır. İndi tutaq ki, $n -$ yarımkəçiricisi mənfi, $p -$ isə müsbət yüklənmişdir. Onda diodda $E_s - E_0$ miqdarında elektrik sahəsi tətbiq

olunacaq. Əgər $p - n$ keçidinin qalınlığı d olarsa, onda dioda tətbiq olunan gərginlik

$$U_d = d(E_s - E_0)$$

olacaqdır.

Burada $E_s - U_d$ gərginliyi tərəfindən yaradılmış şəbəkə elektrik sahəsinin intensivliyidir. E_0 – isə $p - n$ keçidinin yaratdığı elektrik sahəsidir. $p - n$ keçidinin qalınlığı olan d – çox kiçik lakin sıfırdan fərqli olduğu üçün $\frac{U_d}{d}$ – nisbəti çox böyük ədəd alınacaqdır. Onda yuxarıdakı ifadədən $p - n$ keçidinin elektrik sahəsi

$$E_0 = E_s - \frac{U_d}{d} < 0$$

olacaqdır və ya

$$E_s < \frac{U_d}{d}$$

Bu da onu xarakterizə edir ki, dioddan i_d – düzünə cərəyan axacaqdır. Bu halı bir qədər araşdıraq. Bu araşdırma zamanı biz i_d – düzünə cərəyanın nədən ibarət olduğunu göstərməliyik.

Əvvəla qeyd etmək lazımdır ki, yarımkəçiricinin daxilində iki cür cərəyan olur. Birincisi yükdaşıyıcıların bir yerdən digər yerə keçən zaman yaratdıqları diffuziya cərəyanı i_{dif} , ikincisi xarici elektrik sahəsinin yaratdığı i_{dr} – dreyf cərəyanıdır. Düzünə cərəyan, bu iki cərəyanın fərqi sıfırdan böyük olarsa əmələ gəlir. Yəni

$$i_d = i_{dif} - i_{dr} > 0$$

hər tərəfi S – ə bölsək cərəyanın yarımkəçirici daxilində sıxlığını tapmış olarıq.

$$i_d = i_{dif} - i_{dr}$$

(1) ifadəsində

$$i_{dr} = eNv \quad (2)$$

diffuziya sıxlığı

$$j_{dif} = eD \frac{dN}{dx} \quad (3)$$

(2) və (1) ifadəsində N – yüklü hissəciklərin sayı, v – həmin hissəciklərin sürəti, x – isə getdiyi yolun uzunluğudur. Onda ümumi cərəyanın sıxlığı

$$j_d = eD \frac{dN}{dx} - eNv \quad (4)$$

Bildiyimiz kimi hissəciklərin elektrik sahəsinin təsiri ilə yaranan sürəti sahə intensivliyi ilə düz mütənəsbdir (§ 1.3.5). Yəni

$$v = kE \quad (5)$$

Bunu (4) – də yerinə yazsaq

$$j_d = eD \frac{dN}{dx} - eNkE = e \left(D \frac{dN}{dx} - kNE \right) \quad (6)$$

Burada D –diffuziya əmsəlidir. k –yüklü hissəciklərin fəallığını xarakterizə edən əmsəldir. Məsələn, $20^{\circ}C$ –də germanium üçündeşiklərin fəallığı $18 \cdot 10^{-2} m^2/V \cdot san$, elektronların isə $36 \cdot 10^{-2} m^2/V \cdot san$ –dir.

Diffuziya əmsəli elektron üçün $D_e = 100 sm^2/san$,deşik üçün $D_d = 47 sm^2/san$ hesablanmışdır.

İndi isə tutaq ki, n –yarımkeçirici müsbət, p –isə mənfi yüklənmişdir. Bu zaman ümumi elektrik sahəsinin qiyməti $E_s + E_0$ həddində olacaqdır. Dioda tətbiq olunan gərginlik isə $U_d = d(E_s + E_0)$ olacaq. Buradan $p - n$ keçidinin yaratdığı sahə $E_0 = \frac{U_d}{d} - E_s > 0$ olacaq. Və ya dolayısı ilə $E_0 > 0$ olacaq, bu isə o deməkdir ki, keçidin yaratdığı elektrik sahəsinin təsiri artır, onun qalınlığı da artıracaqdır. Nəticədə diffuziya cərəyanı azalmağa, dreyf cərəyanı isə artmağa başlayacaqdır. Bu iki cərəyanın münasibətindən əks cərəyan adlanan cərəyan yaranır.

$$i_s = i_{dr} - i_{dif} \quad (7)$$

və ya

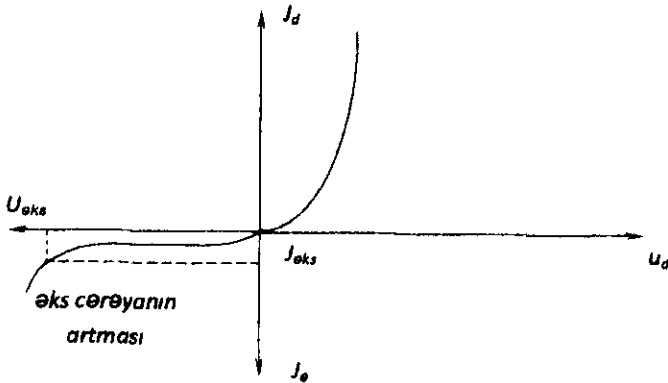
$$i_s = e \left(kNE - D \frac{dN}{dx} \right)$$

Lampalı diodlarda olduğu kimi yarımkeçirici diodlarda da giriş gərginliyi ilə cərəyan arasında xüsusi münasibət olur ki, buna da diodun Volt – amper xarakteristikası deyilir.

§ 2.4. DİODUN VOLT – AMPER XARAKTERİSTİKASI VƏ ONUN DƏYİŞİLMƏSİ ÜSULLARI

Hər bir cihazın iş prinsipinin xarakterizə edən müəyyən asılılıq olur. Yəni bu asılılıq iki və ya daha çox kəmiyyətlər arasında ola bilər. Yarımkeçirici diodun işini xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər onun uclarına

tətbiq olunmuş gərginliklə dioddan axan düzünə cərəyan arasındakı münasibətdir. Bu aşağıdakı qrafikdə özünü biruzə vermişdir.



§ 1.10 – da göstərdik ki, istiliyin nəticəsində zərrəciklərin sayı

$$n = n_0 \cdot e^{-\frac{\Delta w}{kT}} \quad (1)$$

düsturu ilə hesablanır.

Qeyd etmişdik ki, yüklü hissəciklərin sərbəstlik dərəcəsinin sayı $i = 2$ –dir. Yəni onlar iki qiymətli koordinat sistemində götürülür. Lakin keçiricilikdə iştirak edən hissəciklərin sayı məlum olduğdan sonra onların hər birinin daşdığı yük e –elektron yükü olduğundan ifadədə hər tərəfi e –elektronun yükünə vursaq keçiricilikdə iştirak edən elektronların sayına görə axan cərəyanın qiymətini tapmış olarıq, onda

$$n \cdot e = n_0 \cdot e \cdot e^{-\frac{\Delta w}{kT}}$$

və ya

$$J_{üm} = J_0 e^{-\frac{\Delta w}{kT}} \quad (2)$$

Bu ifadədə

$$\Delta w = E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$

kimi hesablanır. Əgər dioda gərginlik tətbiq olunarsa onda bu zaman gərginliyin qiymət və istiqamətindən asılı olaraq zərrəciklərin kinetik enerjisi də dəyişəcəkdir. Bu isə o deməkdir ki, $E_k = eu$ olacaq və ya

$$\frac{mv^2}{2} = eu \quad (3)$$

onda zərrəciklərin orta sürəti

$$v = \sqrt{\frac{2eu}{m}} \quad (4)$$

alınacaq. Bu ifadədən görünür ki, elektronların orta sürəti tətbiq olunmuş gərginliyin qiymətindən asılı olacaqdır. Əgər biz diodu dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşsaq bu zaman ondan düzünə və əksinə cərəyan axacaqdır. Buna uyğun olaraq onun uçlarında gərginliyin istiqaməti də dəyişəcəkdir. Əgər dioddan düzünə cərəyan axmış olsa, onda elektrik sahəsinin enerjisi kinetik enerjinin əksinə yönələcək və (3) ifadəsi aşağıdakı kimi olacaq.

$$J_{\text{üm}} = J_0 e^{\frac{eu}{kT}} \quad (5)$$

Burada $\Delta w = -eu$ kimi hesablanır. Onda ümumi cərəyan

$$J_{\text{üm}} = J + J_0$$

və ya

$$J + J_0 = J_0 e^{\frac{eu}{kT}}$$

Buradan düzünə cərəyan

$$J = J_0 \left(e^{\frac{eu}{kT}} - 1 \right) \quad (6)$$

(6) ifadəsi diodun volt-ampere xarakteristikasını ifadə edən düsturdur. Bu ifadədə u – gərginliyi əks gərginlik olarsa, onda $e^{\frac{eu}{kT}} = e^{-\frac{eu}{kT}} = \frac{1}{e^{\frac{eu}{kT}}} \approx 0$ alınacaq. Bu o deməkdir ki, dioddan əks cərəyan axacaqdır, $J = J_0 = -J_{\text{əks}}$. Göstərdiyimiz halı qrafikdə aydın görmək olur. Lakin əgər $e^{\frac{eu}{kT}} = 1$ olarsa, yəni $\frac{eu}{kT} = 0$ olarsa, onda $u = 0$ və (6) ifadəsinə əsasən $J = 0$ olur. Bu da onu göstərir ki, qrafik koordinant başlanğıcından keçir. Gərginliyin qiymətini müsbət istiqamətə artırırsaq onda cərəyanda artmağa başlayacaq. Lakin dəyişən cərəyanda bu əks gərginliyin artmasına da cəbəb olacaqdır. Nəticədə əks cərəyanda artacaq. Bu işə diodun qızmasına və deşilməsinə gətirib çıxaracaq. Diodlarda iki cür deşilmə baş verə bilər.

1) *Elektriki deşilmə*. Bu deşilmə daxili elektron emisiyası hesabına baş verir. Bilirik ki, valent zonasındaki atomlar sərbəst halda olurlar. Həmin atomlarda güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə elektronlar emissiya edərək keçiricilik zonasına keçirlər. Nəticədə bu zonada yükdaşıyıcı elektronların və deşiklərin miqdarı artmış olur. Bu hadisəyə Zener effekti deyilir. Əks gərginliyin elə qiyməti - $U_{\text{əks}}$ olur ki, bu qiymətdə artıq bu hissəciklər

elektrik sahəsinin təsiri ilə sel şəklində $p - n$ keçidindən keçirlər və bu zaman onun deşilməsi baş verir. Odur ki, əks cərəyanda artmış olur.

2) *İstiliyi deşilmə*. Valent zonasından keçiricilik zonasına keçmiş elektronlar digər atomlarla toqquşaraq onları ionlaşdırırlar. Bu zaman müəyyən qədər istilik enerjisi alınır. Nəticədə isə bu istilik enerjisi yenidən atomların ionlaşmasına səbəb olur və keçiricilikdə iştirak edən hissəciklərin sayı artmış olur. Yəni də sahənin təsiri ilə bu hissəciklər $p - n$ keçidini keçərək onu deşirlər. Bu hadisə istiliyin artması ilə müşahidə olunduğuna görə buna istiliyin deşilməsi deyilir.

Diodun elektriki və istiliyi deşilmə xüsusiyyətlərini nəzərə alıb onların qarşısını almaq üçün bəzi tədbirlər görmək lazımdır. Daha çox gərginliklə işləyən diodları radiatorlar içərisində yerləşdirirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, diodun temperaturunun dəyişməsi onun volt-ampere xarakteristikasına təsir göstərir. Yəni istilik artdıqca deşilmə daha tez baş verir. Bu onu göstərir ki, əks cərəyanın qiyməti tez bir zamanda artır. Əgər biz əks cərəyanın əvvəlki qiymətini I_0 , sonrakı qiymətini I ilə işarə etsək, temperaturun T_0 -dan T -yə qədər artdığı müddətdə əks cərəyanın qiyməti

$$I = I_0 e^{\alpha \Delta T}$$

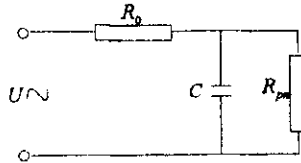
kimi hesablanacaq. Burada α -yarımkeçiricinin xasiyyətini xarakterizə edən kəmiyyət olub, istilikdən genişlənmə əmsali da ola bilər. Germanium üçün $0,05 \div 0,09 \text{ k}^{-1}$ və sürmə üçün $0,07 \div 0,13 \text{ k}^{-1}$ olur. $\Delta T = T - T_0$ temperaturun dəyişməsidir.

Biz qeyd etmişdik ki, yarımkeçirici diod müəyyən mənada kondensator kimi də özünü biruzə verir. Məsələn əks cərəyan axan zaman bir-birinə əks olan hissəciklər, yəni, elektronlar və deşiklər $p-n$ keçidinin kənarlarında toplaşmış olurlar. Lakin bu keçidin lap mərkəzində isə həmin hissəciklərin sayı çox az olur. Odur ki, bu halda yarımkeçirici kondensator kimi fəaliyyət göstərir. Həmin kondensatorun tutumu aşağıdakı kimi hesablanı bilər.

$$C_b = \frac{S_{pn} \cdot \epsilon_{pn}}{4\pi d_{pn}}$$

Burada S_{pn} - $p-n$ keçidinin sahəsi, d_{pn} p və n yarımkeçirici arasındakı məsafə, ϵ_{pn} isə keçidinin materiallarının dielektrik nüfuzlüğüdür. Bu cür tutuma baryer tutumu adı verilmişdir. Əks gərginliyin kiçik qiymətlərində bu tutumun qiyməti hissəciklər arasında d_{pn} məsafəsi az olduğu üçün çox böyük olur. Lakin onların arasındakı məsafəni artırmaqla, yəni əks gərginliyi

çoxaltmaqla tutumu azaltmaq olar. Deməli, belə çıxır ki, əks gərginlik əslində yarımkəçiricidə tutumu tənzimləyən amildir. Lakin düz cərəyan axan zaman bu tutum C_{df} diffuziya tutumu ilə əvəz olunur. Bu tutum $p-n$ keçidinin işinə bir o qədər də təsir göstərmədiyi üçün nəzərə alınmır. Əgər biz $p-n$ keçidinin ekvivalent sxemini çəksək onda bu kondensatorun nə kimi vəziyyətdə olması haqqında təsəvvür yarada bilərik. Şəkilə R_0 p və n yarımkəçiricilərin qalınlığına görə müqavimətləridir. R_{pn} isə $p-n$ keçidinin müqavimətidir. C baryer və diffuziya tutumudur.



Göründüyü ki, sxem dəyişən cərəyan dövrəsində tutum və aktiv müqavimətlərin iştirakı halı ilə uyğun sxemdir. Bu dövrdə tutum müqaviməti $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$. Əgər dövrdən əks cərəyan axsa, baryer tutumunun hesabına ümumi müqavimət azalacaq və əks cərəyan artacaqdır, yəni,

$$i = i_C + i_R = \frac{U_p}{1/\omega C} + \frac{U_p}{R_{pn}} = U_p \left(\omega C + \frac{1}{R_{pn}} \right) = U_p \left(\frac{\omega C \cdot R_{pn} + 1}{R_{pn}} \right) \quad (8)$$

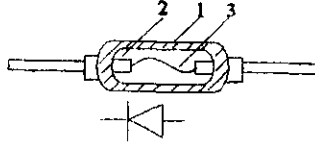
(8) ifadəsini iki hal üçün istifadə etmək olar. I halda düz cərəyan axsa, yəni $U=U_d$ olsa, onda R kiçildiyi üçün i_d -də çoxalacaq, ancaq f çoxalarsa, i_d azalacaq.

II halda əgər $U=U_p$ olarsa, onda R çoxaldığından i_p -də azalacaq, lakin f artmış olsa i_p -də artacaq. Göründüyü kimi hər iki halda f tezliyinin artması əks cərəyanın çoxalmasına səbəb olur ki, bu da diodun deşilməsinə gətirib çıxarır. Odur ki, yüksək tezlikli sxemlərdə xüsusi yüksək tezlik diodlarından istifadə olunur.

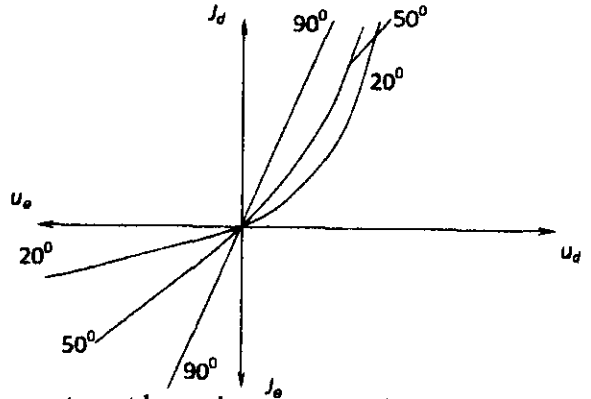
§ 2.5. YÜKSƏK TEZLİKLİ DİODLAR

Göstərdik ki, tezlik artdıqca, dioddan axan cərəyanın qiyməti də artır. Odur ki, yüksək tezlik diodlarını xüsusi konstruksiyaya uyğun hazırlayırlar. Bu cür diodları nöqtəvi diodlar şəklində hazırlamaq məqsədə uyğun olsa da,

onların gücü çox aşağı olur. Şəkilə şüşəli diod adlanan nöqtəvi diodun konstruksiyası verilmişdir.



1-şüşə balon içərisində yerləşən 2 - germanium yarıkeçiricisi 3 volfram metalı ilə kontakt rəbitədədir. Bu kontakt 400 mA cərəyanın axıdılması nəticəsində yaranmışdır. Buradakı tutumun miqdarı 1pf-a qədərdir. Bu cür diodlarda tətbiq olunan gərginlik adətən bir neçə on volt dan çox deyildir. Həmin diodun v.a xarakteristikası temperaturdan asılı olaraq aşağıdakı qrafikdəki kimi olur.



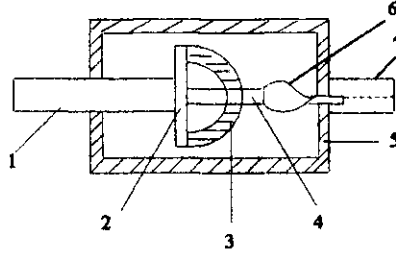
Qrafikdən görünür ki, temperatur artdıqca əks cərəyanın qiyməti daha tez çoxalmağa başlayır.

Diodun əsas parametrləri aşağıdakılardır

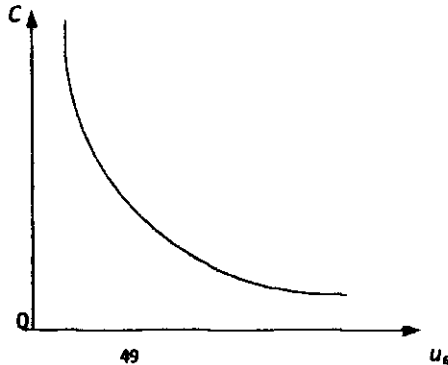
1. Düzünə cərəyan - I_d
2. Düzünə gərginlik - U_d
3. Əks cərəyan - I_s
4. Əks gərginliyin maksimal qiyməti - U_{sm}
5. Düz cərəyanın maksimal qiyməti - I_{dm}
6. Keçid tutumu - C_k
7. İşçi tezlik - f

Yüksək tezlikli diodlar adətən detektirləmə və hətta kiçik voltlu düzləndirmə sxemlərində istifadə olunurlar.

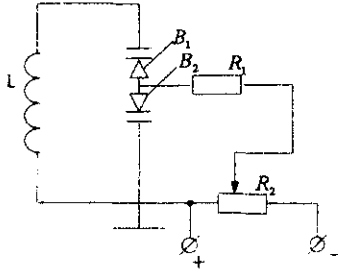
Diodun kondensator xüsusiyyətinə malik olduğundan istifadə edərək xüsusi növ diodlar hazırlanır. Bu cür diodlarda əks gərginlikdən istifadə edərək baryer tutumunu artırırılar. Belə diodlara varikaplar deyilir. Varikapın konstruktiv şəkli aşağıdakı kimidir.



Şekildən görünür ki, sol tərəfdəki 1 çıxışı 3 tutacağı vasitəsilə ona birləşən (4) alüminium çubuğu $p-n$ keçidi yaratmaq üçün 2 omik müqavimətinə əridilərək yapışdırılmışdır. Bu alüminium çubuq isə 6-daxili çıxış vasitəsilə sağ tərəfdəki 1 çıxışına bərkidilir. Göründüyü kimi burada əsas rolu 2 və 4 göstəricilərinə malik olan qızıl-sürmə qarışığı və alüminium dirək oynayır. Ancaq burada bu iki hissənin birləşdiyi yerdə silisium elementi vardır ki, bu da $p-n$ keçidinin yaradılması üçün istifadə olunmuşdur. Qeyd etdik ki, əks gərginliyin təsiri nəticəsində $p-n$ keçidinin tutumu dəyişir. Belə ki, əks gərginlik artarsa $p-n$ keçidinin qalınlığı çoxalır. Nəticədə isə tutum azalır. Bunu varikapın volt-farad xarakteristikasından aydın görmək olar. Varikapın bu xüsusiyyətindən istifadə edib, ondan rəqş konturunun köklənməsində istifadə edirlər.

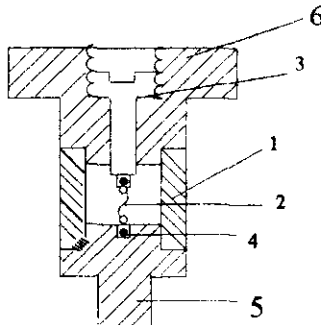


Belə ki, varikapın əks gərginliyini dəyişən rezistor vasitəsilə dəyişərək onun tutumunu da dəyişirlər. Nəticədə isə rəqs konturunu istənilən tezliyə kökləmək olur. Belə rəqs konturunun sxemi aşağıdakı kimidir. Varikapın aşağıdakı parametrləri vardır.

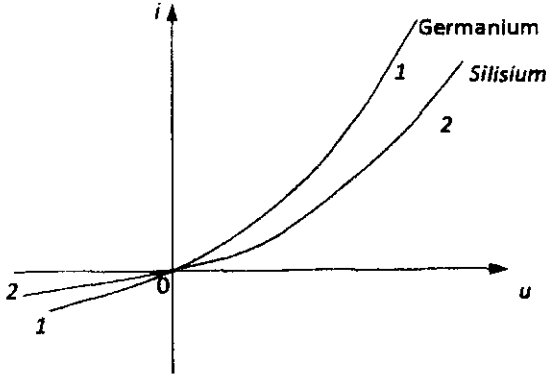


1. Nominal tutum - bu, varikapın iki çıxışı arasında olan tutumdur.
2. Minimal tutum – maksimal əks gərginliyin nəticəsində yaranır.
3. Maksimal tutum – minimal əks gərginliyin tətbiqi nəticəsində yaranır.
4. Tutma əmsalı- $K_T = \frac{C_{max}}{C_{min}}$.
5. Müqavimət əmsalı (добротность)- $K_M = \frac{X_C}{Z_{um}}$
6. Maksimal buraxıla bilən dəyişən gərginlik- U_{max}
7. Tutumun temperatur əmsalı- $K_{TC} = \frac{C}{t}$
8. Maksimal buraxıla bilən güc- P_{max}

Yüksək tezlik diodlarının bir tipi də mövcuddur ki, onlar daha yüksək tezlikli sxemlərdə istifadə olunan parametrik DYT diodlarıdır. Bu diodun konstruktiv sxemi aşağıda verilmişdir.



1 keramik boru içərisində 3 vinti vasitəsilə 4 yarımkeçiricisi 2 volfram tel ilə birlikdə 5 və 6 çıxışlarına birləşdirilir. Bu çıxışlar latundan hazırlanır. *p-n* keçidi volframla yarımkeçiricinin kontaktında əmələ gəlir. Həmin yarımkeçiricilər germanium və silisium ola bilər. Diodun volt-ampər xarakteristikası kifayət qədər xətti xarakterə malikdir.



Bu işə onun müsbət istiqamətdə cərəyan axınının keyfiyyətini artırır. Diodun reaktiv müqaviməti tutuma görə hesablandığından dioddan axan cərəyan

$$i = \frac{U}{X_C} = U\omega C \quad (1)$$

kimi hesablanacaq. Burada

$$C = \frac{S\varepsilon}{4\pi d} \quad (2)$$

(2) *p-n* keçidinin tutumu olduğundan onu (1) də yerinə yazsaq alarıq:

$$i = U\omega \cdot \frac{S\varepsilon}{4\pi d}$$

Burada $\omega = 2\pi f$ məxsusi tezlik olduğundan

$$i = U2\pi f \cdot \frac{S\varepsilon}{4\pi d} = \frac{UfS\varepsilon}{2d}$$

Buradan *p-n* keçidinin qalınlığının tezlikdən asılılığını tapmaq olar:

$$d = \frac{UfS\varepsilon}{2i} = \frac{Uf\varepsilon}{2j} \quad (3)$$

(3) ifadəsindən görünür ki, tezlik artdıqca p-n keçidinin qalınlığı çoxalır və ya əksinə. Bu üsuldən radiolokasiya qurğularında geniş istifadə olunur. Əgər (3) ifadəsindən tezliyi tapsaq, onda

$$f = \frac{2df}{U_E} \quad (4)$$

alınar. Bu ifadədən aydın görünür ki, gərginliyi dəyişməklə tezliyin qiymətini dəyişmək olar. Radiolokasiyada istifadə olunan parametrik diodlara kristalix toplayıcılar deyilir. Çünki bu toplayıcılar bir neçə istiqamətdən müxtəlif tezliyə malik siqnalları toplayırlar. Tezliyin dəyişməsini təmin edən U gərginliyi isə xüsusi “накачка” adlanan generatorada istehsal olunur. Bu haqda gələcəkdə məlumat veriləcək.

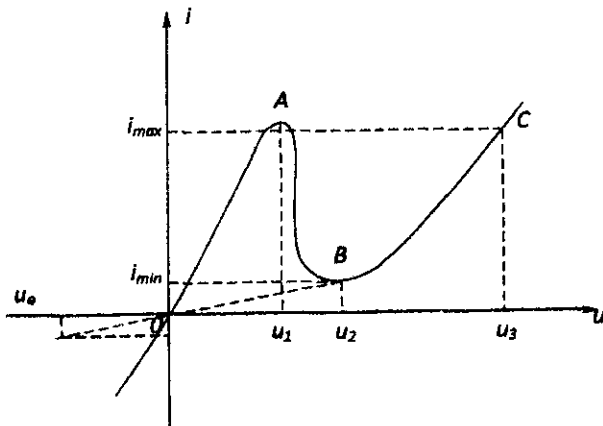
Parametrik diodun əsas texiki göstəriciləri aşağıdakı kimidir:

1. p-n keçidin tutumu - C_d ;
2. Diodun omik müqaviməti R_i və ya itki müqaviməti;
3. τ diodun daimi (sabit) vaxtı - $\tau = C_d \cdot R_i$;
4. Diodun dəşilmə gərginliyi $U_{deş}$ -bu gərginlik əks gərginlik olub əks cərəyanın artmasına gətirib çıxarır;
5. Əks cərəyan - i_s ;
6. Diodun gövdəsinin tutumu - C_g ;
7. Diodun induktivliyi - L_d ;
8. Diodun buraxıla bilən yüklənməsi P_b . Bu yüklənmə həm fasiləli, həm də impulsu rejimdə ola bilər.

§ 2.6. DİODLARDA TUNEL EFEKTİ

Əvvəlki paragraflarda qeyd etmişdik ki, yarımkəçiricilər daxilində qadağan olunmuş zonanı elektronlar valent zonasından keçiricilik zonasına keçməkdən ötrü müəyyən enerjiyə malik olmalıdırlar. Bu enerji müxtəlif yollarla həmin elektrona verilə bilər. Bu yolları da qeyd etdik ki, istiliyin, elektrikin və s. təsiri ilə olur. Lakin yarımkəçirici daxilinə elə aşqar daxil etmək olar ki, onlar naqillərdə olduğu kimi yarımkəçiricinin valent zonasında sərbəst elektronların sayını çoxalda və bu elektronlar öz enerjiləri hesabına qadağan olunmuş zonanı və ya başqa sözlə desək, potensial baryeri sürətlə keçib, keçiricilik zonasına daxil ola bilərlər. Bu cür halda onlar səpələnmiş deyil, sıx halda bu baryeri keçirlər. Yəni bu keçid bir növ tunel keçidi kimi təəvvür olunur. Odur ki, bu hala yarımkəçiricilərdə tunel effekti deyilir.

Tunel effekti hadisəsinə əsaslanaraq xüsusi növ diodlar hazırlanır ki, bunlara tunel diodları deyilir. Tunel diodlarının hazırlanması üçün germanium, arselid və antimonid, qalium yarımkəçirici materiallarından istifadə olunur. $p-n$ keçidini yaratmaqdan ötrü iki yarımkəçiricinin səthlərini əridib bir-birinə yapışdırırlar. Bundan sonra onu elektrolitdə emal etmək lazımdır. Nəhayətdə isə onu yumşaq çıxışları olan metal keramik gövdə daxilində yerləşdirirlər. Diodun işini xarakterizə edən volt-ampere xarakteristikasına baxaq.



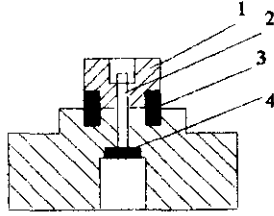
Gərginliyin müəyyən artması ilə keçiricilikdə iştirak edən hissəciklərin sayı artdığı üçün cərəyan da artmağa başlayacaqdır. Lakin gərginliyin u_1 qiymətindən sonra artıq cərəyan azalmağa başlayır. Bunun da səbəbi belə izah oluna bilər ki, gərginliyin artması ilə $p-n$ keçidinin özünün yaratdığı elektrik sahəsinin intensivliyi azaldığına görə cərəyanda iştirak edəcək hissəciklərin xüsusən də, elektronların sayı azalmağa başlayır. Bu da cərəyanın sürətlə aşağı düşməsinə səbəb olur. Lakin bir hal da vardır ki, adi halda olduğu kimi dioda gərginlik tətbiq olunan vaxta ondan azda olsa diffuziya cərəyanı axır. Odur ki, cərəyanın azalan vaxtında həmin diffuziya cərəyanı həmin cərəyanın sifirə enməsinə imkan vermir. Nəticədə isə gərginlik u_1 -dən u_2 -ə kimi artan zaman yenidən cərəyan artmağa başlayır. Bu da onunla izah olunur ki, $p-n$ keçidində yenidən sahə intensivliyi axan diffuziya cərəyanının hesabına çoxalmağa başlayır. Odur ki, dioddan axan ümumi cərəyan aşağıdakı kimi hesablanmalıdır.

$$I_{0m} = I_{dt} + I_{dif} - I_{st}$$

burada I_{dt} düzünə tunnel cərəyanı, I_{dif} diffuziya cərəyanı, I_{st} -isə əks tunnel cərəyanıdır. Əks tunnel cərəyanı öz növbəsində əks gərginliyin təbiiqi nəticəsində yaranır. Əks gərginliyin qiyməti artdıqca cərəyan da artmağa başlayır. Bu, qrafikdə qırıq xətlə göstərilmişdir. Qrafikdən görünür ki, B nöqtəsindən sonra cərəyanla gərginlik mütənəşib olaraq artırlar. Gərginliyin artması ilə cərəyanın qalxaraq enməsi çox kiçik zaman fasiləsində baş verir. Özü də bu vaxt onlar arasındakı faza fərqi 180^0 olur. Belə olan halda demək mümkündür ki, tunnel diodlarında dəyişən cərəyan axını mövcuddur. Odur ki, bu diodlarda birtərəfli keçiricilik olmur. Cərəyanın enmə halında xarakterizə olunan kəmiyyət mənfi müqavimətdir. Bu müqavimət müsbət gərginlik dəyişməsi ilə əks cərəyanın dəyişməsinin nisbətində bərabərdir, yəni $-R = \frac{+\Delta U}{-\Delta I}$. «Mənfi» müqavimət anlayışı əslində sərfəli bir riyazi simvoldur. Lakin heç bir fiziki kəmiyyət deyil. Bilirik ki, bir çox fiziki kəmiyyətlərdə faydalı iş əmsalı vahiddən kiçik olur. Bunu nəzərə alıb burada «mənfi» müqavimətin idarəetmə funksiyası rolunda oynadığını qeyd etmək olar. Yəni gərginlik artarsa cərəyan azalacaq və ya əksinə. Tunnel effekti ilə işləyən diodlarda bir xüsusiyyət də var ki, onlarda yüksək tezlik intervalı çoxdur. Bu da onunla izah olunur ki, p-n keçidində elektronlar ani anda həmin keçidi keçirlər. Təxminən bu 11^{-13} saniyədir. Tunnel diodlarında elektronlar öz enerjilərini p-n keçidində çox sərf etmirlər. Bu səbəbdən də adi diodlardan fərqli olaraq bu diodlarda aşağı və yuxarı temperaturda işləmək xüsusiyyəti vardır. Eyni zamanda onlarda güc itkisi də çox az miqdardadır.

Diodun əsas parametrləri aşağıdakılardır:

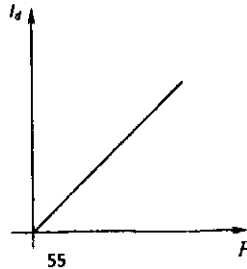
1. Pik cərəyanı I_{max} ;
2. Düşmə cərəyanı I_{min} ;
3. Pik gərginliyi U_1 . Bu, I_{max} -a uyğun olan gərginlikdir;
4. Düşmə gərginliyi U_2 . Bu, da I_{min} -a uyğun olan gərginlikdir.
5. Qarışma gərginliyi U_3 . Bu, Volt-ampere xarakteristikasında BC hissəsində I_{max} cərəyanına uyğun gələn U_3 gərginliyidir.



Tunel diodunun gələcəkdə işləndiyi yerlər haqqında məlumat verəcəyik. Lakin aşağıdakı şəkildə onun konstruksiyasını veririk. Burada 1 diodun çıxışları, 2 kontakt məftili, 3 keramik ftulka, 4 yarımkəçirici kristaldır.

§2.7.FOTODİODLAR

Fotodiod daxili fotoeffekt hadisəsi nəticəsində p-n keçidində əmələ gələn e.h.q hesabına işləyən diodlara deyilir. Daxili fotoeffekt dedikdə, kristal qəfəs daxilində işığın təsiri ilə elektronların neytral atomları tərk etməsi başa düşülür. Bildiyimiz kimi daxili fotoeffekt hadisəsi zamanı sərf olunan enerji yalnız elektronların kinetik enerjisinin artmasına səbəb olur. Belə olan halda onlar yarımkəçirici daxilində qalaraq yalnız onun daxili elektrik sahəsinin dəyişməsini təmin edəcəklər. Yəni işıq selinin təsiri ilə elektronlar p oblastından, n oblastına dəşiklər isə n oblastından p oblastına keçəcəklər. Bu isə fotodiodun çıxışlarında 1 V-a qədər e.h.q.-nin yaranmasına səbəb olacaq ki, bu zaman əgər bu çıxışlara müqavimət qoşsaq ondan i_f foto cərəyanı axacaqdır. Bu hala fotodiodlarda fotogenerator rejimi deyilir. Diod fotogenerator rejimində işləyən vaxt onun çıxışlarındakı e.h.q. düşən işıq selini intensivliyindən çox asılıdır. Bu aşağıdakı asılılıqda özünü göstərir. Riyazi şəkildə isə $I_d = kF$ kimi ifadə olunur.



Burada I_d daxili fotoeffekt nəticəsində dioddan axan cərəyandır. F-fotodiodun üzərinə düşən işıq seli, k isə mütənasiblik əmsalı olub integral hissiyyatlılıq adlanır. k -nın qiyməti yuxarıdakı düsturdan tapıla bilər

$$k = \frac{I_d}{F} \quad (1)$$

Aydındır ki, n və p oblastları arasında cərəyanın sıxlığı işıq selinin yaratdığı keçiriciliklə həmin oblastların kənarlarındakı e.h.q.-nin Om qanununa əsasən hasilinə bərabər olacaqdır. Yəni

$$j = \sigma_i \cdot E_i \quad (2)$$

Burada

$$\sigma_i = e\mu n \quad (3)$$

kimi hesablanı bilər. Burada ki, μ y üklü zərrəciklərin hərəkətini xarakterizə edən kəmiyyətdir. n isə həmin zərrəciklərin sayını xarakterizə edir.

μ -nün qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\mu = \frac{v_{or}}{E} \quad (4)$$

Burada v_{or} zərrəciklərin orta kinetik sürətidir. Bu o deməkdir ki, zərrəciklər bu sürəti fotonların enerjilərinin hesabına almışlar. Lakin əgər elektronların kinetik enerjisi yarımkeçirici daxilində əvvəldən olmuş olarsa, onda foton enerjisi yarımkeçirici daxilində dreyf sürətinə səbəb olar. Bu isə orta xətti sürət şəklində olacaqdır. Yəni

$$v_{or} = \frac{l}{t} \quad (5)$$

Burada l zərrəciklərin orta qaçış məsafəsi, t isə bu məsafənin qət olunma müddətidir. (5) ifadəsini (4)-də yerinə yazsaq, alarıq.

$$\mu = \frac{l}{tE} \quad (6)$$

Fotoeffekt zamanı yaranan hissəciklərin sayı hissəciklərin yaşama müddəti (yəni relaksasiya) ilə onların yaranma sürətinin hasilinə bərabərdir, yəni

$$n = G \cdot \tau \quad (7)$$

burada τ keçiricilikdə iştirak edəcək hissəciklərin relaksasiya müddətidir. Bu müddəti iki toqquşma arasında olan müddət kimi də götürmək olar. Çünki müəyyən enerji almış hissəcik neytral atomla toqquşsa ion əmələ gətirə bilər ki, bu da onun yaşama müddətini qısaldır. Odur ki, $\tau \approx t$ kimi qəbul edə bilərik. Onda (7) ifadəsi

$$n = G \cdot t \quad (8)$$

kimi hesablanacaqdır.

(7) ifadəsində $G = F \cdot \eta$ kimi hesablanır. Çünki hissəciklərin yaranma sürəti düşən işıq selindən çox asılıdır. Burada η işıq selinin təsiri ilə fotoionlaşma əmsəlidir. Onun qiyməti adətən $0 \leq \eta \leq 1$ həddində olur. Bu onunla izah olunur ki, işıq selindəki fotonlar ya hər hansı bir neytral atomu ionlaşdırır, yəni $\eta = 1$ olur, ya da heç bir atomu ionlaşdırmır, yəni $\eta = 0$ olur. (8) ifadəsini (7) -də və onu da (3) -də yerinə yazsaq, fotokeçiricilik aşağıdakı kimi alınır.

$$\sigma = e\mu F\eta t \quad (9)$$

(5) ifadəsini (9)-da onu da (2)-də yerinə yazsaq, alarıq:

$$j = eF\eta t \frac{l}{tE} E = eF\eta l \quad (10)$$

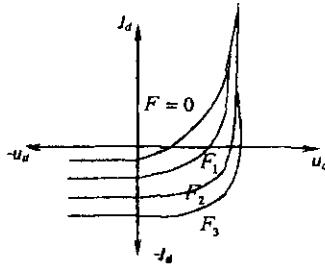
Bu ifadə l uzunluğuna malik yarımkəçiricidə olan cərəyanın sıxlığıdır. Onda fotoeffekt nəticəsində yaranan cərəyan şiddəti vahid həcmdə

$$I = j \cdot S = e\eta l S F \quad (11)$$

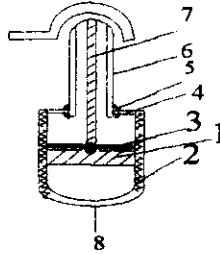
Burada lS yarımkəçiricinin həcmi olduğu üçün onu vahidə bərabər götürdük. $e\eta = k$ - isə sabit ədəd olduğu üçün onu inteqral hissiyyətliyi adlandırırıq. Onda (1) ifadəsini almış olarıq, yəni

$$k = \frac{I}{F} = e\eta \quad (12)$$

(12) ifadəsində $\eta = 1$ olarsa $k=e$, yəni, foton atomdan bir elektronu qopararaq fotocərəyan yaratmışdır. Əgər $\eta = 0$ olarsa, onda $k=0$ və bu o deməkdir ki, işıq seli fotocərəyan yaratmamışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, fotodiodlarda əgər diodun uclarına gərginlik verilməzsə, ondan işığın təsiri ilə düzünə cərəyan axmaz. Ancaq müəyyən qədər gizli cərəyan axar ki, bu da işıq seli artıqca çoxalmağa başlayar. Odur ki, fotodiodda volt-ampər xarakteristikası aşağıdakı kimi olur. Əgər diodun gərginliyini artırırsaq, bu, əks gərginliyin də artmasına səbəb olacaqdır ki, bu da işıq selinin artması ilə əks cərəyanın çoxalmasına səbəb olacaqdır. Bu isə diodun sıradan çıxmasideməkdir.



Bunun üçün fotodiodlar müəyyən sabit gərginliklə hesablanırlar. Fotodiodun konstruktiv sxemi aşağıdakı kimidir:



1 germanium kristalı, 2 metal gövdənin içərisində yerləşir. Hansı ki, bu kristal 3 kristal saxlayan vasitəsilə metal korpusdan izolə edirlər. Bu kristala 7 çubuğu bərkidilmişdir ki, bu da 6 metal trubkanın içərisində yerləşir. Bu metal trubka isə 5 şüşə izolyator vasitəsilə izolə olunmuşdur. Bütün bunlar isə 4 həlqəsi vasitəsilə metal gövdəyə bağlanır. Işıq isə 8 pəncərəsi vasitəsilə kristala düşür.

Fotodiodun aşağıdakı parametrləri var.

1. Volt-amper xarakteristikası $I_d = f(U_d), F = const;$
2. Işıq xarakteristikası $I_d = f(F), U_d = const;$
3. Spektral xarakteristikası $I_F / I_{FM} = f(\lambda);$

I_F fotocərəyan, I_{FM} maksimal fotocərəyan, λ foton selinin dalğa uzunluğudur.

4. İntegral hissiyyatlılıq $k = \frac{I_d}{F};$
5. İşçi gərginlik $U_d;$
6. Gizli cərəyan I_g -ışığı olmayan vaxtda axan cərəyan ;
7. Uzun ömürlülük-normal iş rejimində diodun işləmə müddətidir.

Fotodiodun istifadə olunduğu yerlər müxtəlifdir. Belə ki, ondan fotometriyada, işıqlandırmanı ölçmək üçün və ona nəzarət etmək üçün atom elektrik stansiyalarında, nüvə hissəciklərini ölçmək və qeydə almaq üçün və i.a. yerlərdə istifadə olunur.

Fotodiodlardan başqa elektronikada foto rezistorlardan da istifadə olunur. Fotorezistorların əsas parametrləri fotodiodlardakı kimidir. Ancaq burada əlavə olaraq, müqavimət parametri də götürülür. Bu iki müqavimətin; gizli və işıqlı müqavimətlərin nisbətidir. Yəni

$$\frac{R_g}{R_i}$$

R_g fotomüqavimətinin üzərinə işıq düşməyən vaxtı onun malik olduğu müqavimətdir, R_i isə fotomüqavimət işıqlanan vaxtı onun müqavimətidir. Fotorezistorlar adətən avtomatikada rele rolunu oynayır. Bunlar əsasən kadmiy sulfiddən, kadmiy-seleniddən, kükürlü-qurğuşundan hazırlanır.

§ 2.8. İŞIQ DİODU (СВЕТОДИОД)

Əvvəlki paragrafda işığın udulması ilə fotoelementdən və ya fotodioddan cərəyanın axmasını araşdırdıq. Göstərdik ki, bu cərəyanın qiyməti düşən işıq seli ilə düz mütənəsidir. Ancaq elə elementlər də mövcuddur ki, onlar əksinə cərəyan axarkən işıqlanırlar. Bu cür hadisəyə lümenesensiya deyilir. Lümenesensiya maddənin hər üç növündə olur. Bir neçə kəlmə lümenesensiyanın təbiəti haqqında qeyd edək. Bilirik ki, maddə molekulardan, onlar isə atomlardan təşkil olunub. Kvant nəzəriyyəsinə əsasən molekul və atomlar üç vəziyyətdə: elektron, rəqs və fırlanma halında olurlar. Bunun üçün onlar xaricdən müəyyən enerji almalıdırlar. Məsələn, atom hər hansı enerji alırsa bu zaman onun ətrafında olan elektronlar öz yerlərini dəyişirlər. Yəni bir səviyyədən digər səviyyəyə və yaxud atomu tərk edərək sərbəst hala düşürlər. Bundan başqa atom enerji alanda onun nüvəsi rəqs etməyə başlayır. Bu iki hadisə molekulun daxilində baş verdiyi üçün həmin molekul müəyyən ox ətrafında fırlanma hərəkəti edir. Lakin bir şeyi qeyd etmək lazımdır ki, atom və molekulaların bu üç halda olmaları bir-birindən asılı vəziyyətdə və ayrı-ayrılıqda ola bilər. Bu tətbiq olunan enerjinin növündən asılıdır. Tətbiq olunan enerjilər aşağıdakılardır:

- 1) Foton enerjisi və ya işıq enerjisi;
- 2) Termo elektron enerjisi;

- 3) Radioaktiv enerji;
- 4) Rentgen enerjisi;
- 5) Kimyəvi enerji;
- 6) Mexaniki enerji.

Yuxarıda sadaladığımız enerjilər haqqında çox şey demək olar. Hətta elə enerji növləri ola bilər ki, bizə məlum olmasın. Ancaq biz göstərilən enerjilər haqqında qısa məlumat verməklə onların mahiyyətini oxucuya aydınlaşdırmaq:

1) Işıq enerjisi – bu enerji müəyyən işıq mənbəyinin şüalandırdığı fotonların enerjisindən ibarətdir. Hansı ki, bu enerjinin tətbiqi ilə maddə daxilində yuxarıda qeyd etdiyimiz üç hal baş verir. Əgər foton təsiri ilə maddə şüalanarsa bu hadisəyə fotolümenesensiya deyilir.

2) Termoelektron dedikdə maddənin qızdırılması nəticəsində onun şüalanması başa düşülməsidir. Belə şüalanma texnikada kotodolümenesensiya adlanır.

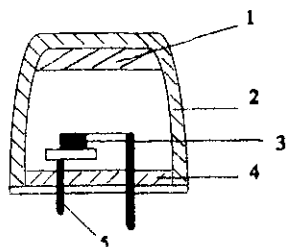
3) Radioaktiv enerji elementlərin radioaktiv parçalanması zamanı α, β və γ şüalarının təsiri deməkdir. Bu təsirdən yaranan şüalanmaya radiolümenesensiya deyilir.

4) Rentgen şüalarının təsiri ilə əmələ gələn şüalanma növündə mövcuddur ki, buna rentgenolümenesensiya deyilir.

5) Kimyəvi reaksiyanın gediş zamanı yaranmış enerji kimyəvi enerji adlanır ki, bu vaxt baş verən şüalanma xemilümenesensiya adlanır.

6) Mexanika enerji hər hansı bir mexaniki prosesin gedişi zamanı əmələ gəlir. Əgər bu zaman şüalanma baş verərsə bu hadisəyə tribolümenesensiya deyilir. Elektronikada ən çox istifadə olunan enerji növü və şüalanma prosesi kotodolümenesensiyadır. Katod şüalanması haqqında biz çox yerlərdə qeyd etmişdir. Belə ki, katod şüaları xüsusi termoelektron emisiyası nəticəsində əmələ gəlir. Həmin şüalar qaz daxilindən keçəndə onun atomlarını ionlaşdırıb onları işıqlandırır. Bu hadisəyə bənzər hadisə yarımkeçiricilərdə də baş verir. Yarımkeçiricidə baş verən bu hadisə aşağıdakı kimi izah olunur.

Bilirik ki xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə $p-n$ keçidində tarazlıq pozularaq ondan cərəyan axmağa başlayır. Bu o deməkdir ki, p və n tipli yarımkəçiricilərin əsas yük daşıyıcıları $p-n$ keçidini aşaraq, qarşıdakı yarımkəçiriciyə keçir. Lakin onlar burada qeyri əsas və yaxud ikinci dərəcəli yük daşıyıcılar olurlar. Çünki hər yarımkəçiricinin öz yük daşıyıcıları olur. Əsas yük daşıyıcıların $p-n$ keçidini keçərək yarımkəçirici oblastlara daxil olma prosesinə injeksiya (injekt – ingiliscə sıçrama) deyilir. İnjesiya zamanı oblastın əsas yük daşıyıcıları ilə ikinci dərəcəli yük daşıyıcıları arasında yük mübadiləsi baş verir. Bu ikinci dərəcəlilərin əsas yükdaşıyıcılara yük ötürməsi kimi başa düşülməlidir. Belə olan halda müəyyən enerji ayrılır ki, bu da xüsusi növlü yarımkəçiricilərdə işıqlanma ilə gedir. Bu cür yarımkəçiricilərdən hazırlanmış diodlara işıq diodları deyilir. Işıqlanma və rəngalma xüsusiyyətinə görə işıq diodları da müxtəlif olur. Adətən sarı, qırmızı və yaşıl rəngli işıq diodları mövcuddur. Işıq diodunun konstruksiyası aşağıdakı şəkildə təsvir olunub:

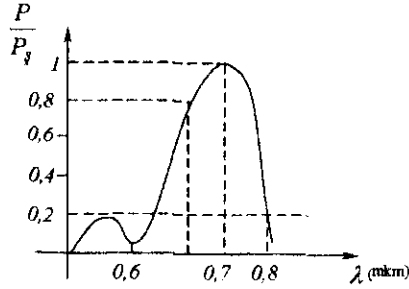


3 – yarımkəçiricisi 4 – oturacağı üzərinə bərkidilir. Bu işə öz növbəsində 5 – çıxışları saxlamaqdan ötrüdür. Bundan sonra bu oturacaq 2 – kvars balonuna bərkidilir. Hansı ki, 5 balonun yuxarı hissəsi 1–linzası ilə bitişikdir. Işıq diodunun aşağıdakı parametrləri mövcuddur.

- 1) Sabit düzünə gərginlik U_d
- 2) Maksimal düzünə cərəyan $J_{d_{max}}$
- 3) Işıqlanmanın parlaqlığı B
- 4) Şüalanmanın tam gücü P_s
- 5) Işıqlanma istiqamətinin dioqrammasının eni.

Diodun iki xarakteristikası mövcuddur. Spektral xarakteristika, yəni $\frac{P}{P_s} = f(\lambda)$. Şüalanmanın nisbi güclü ilə dalğa uzunluğu arasındakı münasibət.

Bu, aşağıdakı qrafikdir:



Qrafikə əsasən belə bir nəticə söyləmək olar ki, dalğa uzunluğunun elə bir qiyməti olur ki, bu zaman burada şüalanma çox güclü olur. Bu isə onunla izah olunur ki, yarımqeçirici daxilində çox aşağı tezlikdə fotonlar şüalanır. Əgər biz yüklü hissəciklərin sürətini v ilə işarə etsək, onda onların ən aşağı sürətdə olanları foton şüalandırmaqla olacaqlar. Heç də böyük kinetik enerjiyə, yəni $\frac{m_e v^2}{2}$ malik yüklü hissəciklər foton şüalandırma qabiliyyətinə malik deyillər. Çünki onlar yüksək sürətlə axıb yarımqeçirici oblastındakı əsas yükdaşıyıcılarla toqquşduqda enerjilərinin böyük hissəsi istiliyə çevrilir. Foton şüalandırmaqdan ötrü isə kiçik sürətli yüklü zərrəciklər lazımdır. Buna əsaslanaraq biz aşağıdakıları yazı bilərik. Əgər fotonun enerjisi $h\nu$ olarsa, o, kinetik enerjiyə, yəni $\frac{m_e v^2}{2}$ -yə bərabər olan halda şüalanır, deməli

$$h\nu = \frac{h\nu}{\lambda} = \frac{m_e v^2}{2} \quad (1)$$

Buradan şüalanan fotonun dalğa uzunluğu

$$\lambda = \frac{2h}{m_e v} \quad (2)$$

kimi hesablanır.

Coul – Lents qanununun diferensial şəkilindən bilirik

$$W = \sigma \cdot E^2 \quad (3)$$

burada W - cərəyan axan zaman ayrılan istilik enerjisinin miqdarıdır. Xüsusi keçiricilik isə

$$\sigma = e \mu n \quad (4)$$

hansı ki,

$$\mu = \frac{v}{E} \quad (5)$$

onda (5) –i (4)-də yerinə yazsaq və onu da (3) – də yerinə yazıb hesablasaq aşağıdakı ifadəni almış olarıq

$$W = e n \frac{v}{E} \cdot E^2 = e n v E. \quad (6)$$

Bu ifadə də, (2) ifadəsindən sürəti tapıb yerinə yazsaq alarıq

$$W = e n \frac{2h}{m_e \cdot \lambda} \cdot E \quad (7)$$

(7) ifadəsini (1) ifadəsinə bölsək güclərin nisbi ifadəsini almış olarıq, yəni

$$\frac{P}{P_s} = \frac{W}{h\nu} = \frac{en \cdot 2h}{m_e \cdot \lambda \cdot h\nu} \cdot E = \frac{2enE}{m_e\nu} \cdot \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

(8) ifadəsində $\frac{2enE}{m_e\nu} = k$ - əmsal kimi qəbul etsək, onda

$$\frac{P}{P_s} = k \cdot \frac{1}{\lambda} \quad (9)$$

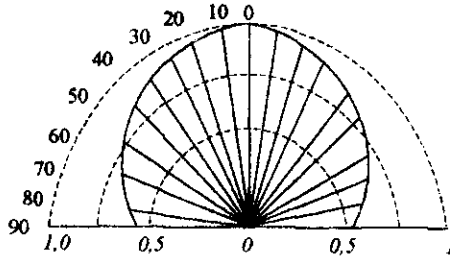
ifadəsini almış olarıq ki, bu da diodun spektral xarakteristikasını verir. Xüsusi hal üçün $\frac{P}{P_s} = 1$ olduğunu nəzərə alsaq, onda $\lambda = k$ və ya

$$\lambda = \frac{2enE}{m_e\nu} \quad (10)$$

almış olarıq. (10) ifadəsi tətbiq olunan elektrik sahəsinin qiymətinə görə şüalanan fotonun dalğa uzunluğunun qiymətinin dəyişməsinə göstərir. Lakin bu ifadə heç də gərginliyin istənilən qiymətinə görə dalğa uzunluğunun istənilən həddə çatmasını xarakterizə etmir. Çünki $\frac{P}{P_s} = 1$ münasibəti dalğa

uzunluğunun ən optimal halına uyğundur. Belə ki, bu uzunluğa malik foton şüaları işıqlanırlar. Əks halda diod işıq saçmır, odur ki, diodlar hazırlanarkən onlarda düzünə gərginlik bir neçə volt həddində olur.

İşıq diodunun ikinci əsas xarakteristikası işıqlanma istiqamətinin xarakteristikasıdır. Bu xarakteristikanın qrafiki aşağıdakı kimidir.



Bu qrafik işıqlanma istiqaməti ilə intensivlik arasındakı əlaqəni xarakterizə edir. Əgər işıqlanma istiqamətini α , intensivliyi (yəni parlaqlığı B) ilə işarə etsək, onda $\alpha = f(B)$ funksiyası alınır. Riyazi olaraq bu aşağıdakı tənliklə ifadə olunur

$$\alpha = \arccos(2B - 1)$$

burada B -yə qiymətlər verməklə α - nı tapmaq olar. Qrafikə nəzər salsaq görürük ki, B -nin iki qiyməti əsasən, daha çox rol oynayır. Yəni, $B = 0,5$ onda $\alpha = 90^\circ$ və $B = 1$ onda $\alpha = 0^\circ$ olur. Bu onu göstərir ki, işıq selinin düşmə bucağı işıq diodunun linsasına perpendikulyar şəkildə olarsa intensivliyin ən maksimal qiyməti alınır.

Beləliklə, biz elektron sxemlərində istifadə olunan yarımkeçirici diodların bir çox növləri ilə tanış olduq. İndi isə həmin diodların istifadə olunduğu sxemlərin araşdırılması ilə məşğul olacağıq. Əvvəlcə diodun düzləndirmə sxemlərindəki işi ilə tanış olaq.

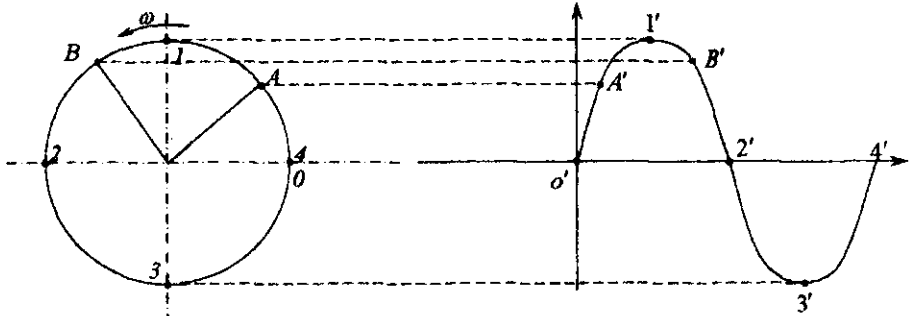
§ 2.9 BİR YARIMDİODLU DÜZLƏNDİRMƏ SXEMİ

Düzləndirici dedikdə, dəyişən sinusoidal cərəyanı sabit cərəyanə çevirən qurğu nəzərdə tutulmalıdır. Dəyişən sinusoidal cərəyan dedikdə, cərəyanın istiqamətinin sinus qanunu ilə dəyişməsi nəzərdə tutulur. Bu zaman sinusoidalın bir tam peroidu cərəyanın müsbət və mənfi istiqamətdə tam dəyişməsi ilə uyğun gəlir. Bildiyimiz kimi, sinusoidalın müsbət yarımperiodu sıfırdan maksimal həddə, oradan isə sıfıra doğru dəyişir. Bu cərəyanın müsbət istiqamətdə dəyişməsi ilə uyğundur. Sinusoidalın maksimal həddi cərəyanın maksimum qiyməti ilə uyğundur. Əksinə sinusoidalın mənfi yarımperoidu cərəyanın mənfi istiqamətdə dəyişməsi ilə uyğunlaşdırılır. Sinusoidalın mənfi

yarım periodundakı maksimum həddi isə yenə cərəyanın maksimum qiymətinə uyğun götürülür. Sinusoidal cərəyanının periodunun uzunluğu həmin cərəyanın istiqamətinin dəyişmə tezliyi ilə tərs mütənəsbdir. Yəni period nə qədər çox olarsa, cərəyanın dəyişmə tezliyi bir o qədər azalar. Bunu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Cərəyanın dəyişmə tezliyi isə generatorun dövrlər sayından asılıdır. Yəni generatorun bir tam dövrü sinusoidalın bir tam perioduna bərabərdir. Bunu aşağıdakı qrafikdə əyani görmək olar.



Göründüyü kimi generatorun rotoru saat əqrəbinin əksinə fırlanaraq O nöqtəsindən 1 nöqtəsinə doğru hərəkət edən zaman, stator dolağında cərəyan 0' nöqtəsindən qalxaraq 1' nöqtəsinə doğru artır. Bu cərəyanın maksimum qiyməti rotorun dördü bir perioduna uyğun gəlir. Cərəyanın tam periodu rotorun bir dəfə tam dövrünə uyğun gəlir. Əgər bu bir saniyə müddətində baş vermişsə onda cərəyanın dəyişmə tezliyi

$$f = \frac{1}{\text{saniyə}} = \text{1hs}$$

alınacaq.

Lakin elə hal ola bilər ki, rotor 1 saniyə müddətində n dövrlər sayı etmiş olsun. Onda cərəyanın dəyişmə tezliyi rotorun dövrlər sayına bərabər olar, yəni

$$f = n$$

Adətən generatorların rotoru ağır çəkili olduğu üçün onların dövrlər sayı dəqiqə müddətində hesablanır. Onda cərəyanın dəyişmə tezliyi aşağıdakı düsturla hesablanır

$$f = \frac{n}{60} (hs) \quad (2)$$

Buradan generator rotorun dövrlər sayı

$$n = f \cdot 60 \quad (3)$$

(2) düsturundan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, tezliyi artırmaq üçün dövrlər sayını artırmaq lazımdır. Lakin bu böyük generatorlarda mümkün olmadığından tezliyi artırmaq üçün elektron generatorlarından istifadə olunur. Tezliyin elektromaşın generatorlarla artırılmasından ötrü həmin generatorlarda cüt qütblərin sayını artırırılar. Bu o deməkdir ki, rotorda olan N və S qütblərin sayı artırılmalıdır. Yəni cərəyanın dəyişmə tezliyi cüt qütblərin sayı ilə mütənasib olaraq artır. Məsələn, əgər rotorda 8 - ədəd cüt qütblər sayı olsa, onda (2) ifadəsi səkkizə vurulmalıdır. Yəni,

$$f = \frac{n}{60} \cdot 8$$

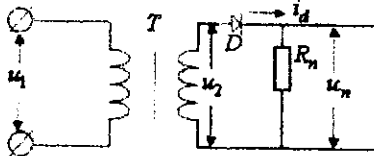
Əgər dövrlər sayı 3000 *dövr/dəq* olarsa, cərəyanın tezliyi

$$f = \frac{3000}{60} \cdot 8 = 400hs$$

olacaqdır.

Bu cür elektromaşın generatorlarından radiolokasiya sistemlərində istifadə olunur. Onlar haqqında gələcəkdə xüsusi qeyd olunacaq.

Elektronika sxemlərində 50 *hs* - lik dəyişən cərəyan düzlənib istifadə olunur. Bu cür sxemlərdən biri aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.



u_1 gərginliyi T transformatoru vasitəsi ilə istənilən həddə, yəni u_2 - gərginliyinə çevrilir. Əgər D diodu olmasa bu gərginlik R_n - yük müqavimətində düşüb $u_2 = u_n$ olacaq. Ancaq D diodunda müəyyən qədər gərginlik düşgüsü olduğu üçün onda yazmalıyıq ki,

$$u_2 = u_d + u_n \quad (4)$$

Digər tərəfdən dioddan axan cərəyan

$$i_d = \frac{u_2}{R_d + R_n} \quad (5)$$

Burada R_d -diodun müqavimətidir. Diod olmayan vaxt sxemdən axan cərəyan

$$i = \frac{u_2}{R_n}$$

Buradan $u_2 = iR_n$ bunu (5) də yerinə yazsaq alarıq:

$$i_d = \frac{i \cdot R_n}{R_d + R_n} = i \cdot k_d \quad (6)$$

(6) ifadəsində $k_d = \frac{R_n}{R_d + R_n}$ kimi işarə olunmuşdur. Göründüyü kimi o, vahiddən kiçik ədəddir. Yəni dioddan axan cərəyan transformatorun dolağından axan cərəyandan az olacaqdır. Odur ki, k_d - ni düzləndirmə əmsalı kimi də qəbul etmək olar.

Düzləndirmə əmsalının dəqiq hesabı aşağıdakı kimidir.

i_d - cərəyanı transformatorun ikinci dolağından axan zaman o sinusoidal cərəyan olduğu üçün onun qiyməti aşağıdakı ifadə ilə hesablanmalıdır

$$i_d = I_{dm} \cdot \sin \omega t \quad (7)$$

Hər tərəfi zamana görə diferensiallasaq, onda

$$i_d dt = I_{dm} \cdot \sin \omega t dt \quad (8)$$

Əgər nəzərə alsaq ki, i_d - cərəyanının yalnız dioddan müsbət yarım diodu keçir, onda bir yarımperiod ərzində cərəyanın düzləndirilməsi aşağıdakı ifadədə öz həllini tapır. Yəni, (8) ifadəsinin hər iki tərəfini 0-dan $\frac{T}{2}$ -yə kimi inteqrallasaq:

$$\int_0^{\frac{T}{2}} i_d dt = \int_0^{\frac{T}{2}} I_{dm} \cdot \sin \omega t dt \quad (9)$$

İfadənin sol tərəfi $i_d \cdot \frac{T}{2}$ nəticəsini verir. Əgər nəzər alsaq ki, dioddan axan cərəyanın yarısı, yəni müsbət yarım periodu keçir, onda $i_d = 2J_0$ kimi yazmaq olar. Bu isə $i_d \cdot \frac{T}{2} = T \cdot J_0$ deməkdir.

İfadənin sağ tərəfi isə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\int_0^{T/2} I_{dm} \cdot \sin \omega t dt = I_{dm} \left[-\frac{\cos \omega t}{\omega} \Big|_0^{T/2} \right] = \frac{I_{dm}}{\omega} \left[-\cos \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2} + \cos \frac{2\pi}{T} \cdot 0 \right] =$$

$$= \frac{I_{dm}}{\omega} [-\cos \pi - \cos 0] = \frac{I_{dm}}{\omega} [-(-1) + 1] = \frac{2I_{dm}}{\omega}$$

(9) ifadəsinin sağ və sol tərəflərini yerinə yazsaq, onda

$$T \cdot J_0 = \frac{2I_{dm}}{\omega} \quad (10)$$

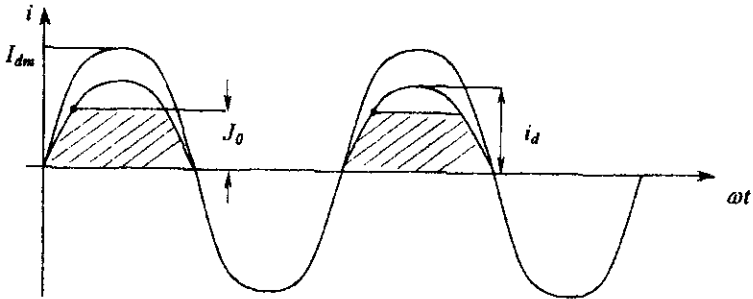
alınacaq. Buradan dioda alınan sabit cərəyan

$$J_0 = 2I_{dm} \cdot \frac{1}{T \cdot \omega} = \frac{2I_{dm}}{T} \cdot \frac{T}{2\pi} = \frac{I_{dm}}{2\pi} = 0,318I_{dm} \quad (11)$$

Yəni sabit cərəyan dəyişən cərəyanın maksimum qiymətindən π qədər kiçikdir. Onda transformatorun ikinci dolağından axan cərəyan $i_d = \frac{I_{dm}}{2}$ olacaqdır. Bunu nəzərə alıb (11) düsturundan istifadə etməklə dəyişən cərəyanla sabit cərəyanın arasındakı fərqi tapırıq:

$$J_0 = \frac{2i_d}{\pi} = 0,636i_d \quad (12)$$

Burada $0,636 = k_d$ düzləndirmə əmsalının ədədi qiymətidir. Qrafiki olaraq yuxarıda söylədiklərimiz aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir:



Qrafikdən görüldüyü kimi düzləndirmə, yarımperioddan bir baş verir. Odur ki, bu cür düzləndirmə zamanı cərəyan əslində döyünən xarakterli olur.

Gərginliyinin qiyməti isə cərəyanın mənfi yarımperiodu axan vaxt diod qapalı olduğu üçün artaraq maksimal qiymətə çatır.

Gərginliyinin maksimal qiyməti isə

$$u_m = 2 \cdot u_2 \quad (13)$$

kimi hesablanır. Digər tərəfdən düzləndirmə zamanı alınmış gərginlik

$$u_0 = \frac{u_m}{\pi} \quad (14)$$

(13) və (14) ifadələrindən yazarıq

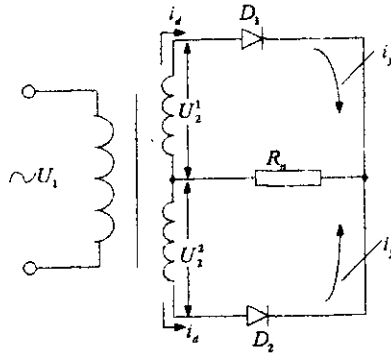
$$u_0 = \frac{2u_2}{\pi} = 0,636u_2$$

Deməli belə nəticə çıxır ki, bir periodlu düzləndirmə sxeminə düzlənmiş cərəyanın və gərginliyin qiymətləri dəyişən qiymətlərdən 0,636 qədər kiçikdir. Bu hal yarımperiodlu düzləndirmə sxeminin mənfəətli cəhəti sayıldığı üçün praktikada belə sxemlərdən az istifadə olunur.

§ 2.10 İKİ YARIMPERİODLU DÜZLƏNDİRMƏ SXEMİ

İki yarımperiodlu düzləndirmə sxeminə transformatorun sıfır nöqtəsindən istifadə olunur. Bu nöqtəyə yük müqavimətinə sonu da birləşdirilir. Sxemdə quraşdırılmış iki dioddan hər biri ayrı-ayrılıqda bir yarımperiod cərəyanı düzləndirir.

İndi isə sxemin işi ilə tanış olaq.



Sxemə əsasən yazı bilirik ki,

$$\left. \begin{aligned} u'_2 &= u_{d1} + u_n \\ u_2 &= u_{d2} + u_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Bu iki bərabərliyi tərəf-tərəfə toplasaq alarıq:

$$u_2 = u'_2 + u_2 = u_{d1} + u_{d2} + 2u_n \quad (2)$$

Sxemdəki diodlar eyni müqavimətə malik olsalar, yəni $R_{d_1} = R_{d_2}$, bu zaman (2) ifadəsində $u_{d_1} = u_{d_2}$ yazmaq olar.

$$u_2 = 2(u_d + u_n) = 2i_d(R_d + R_n) \quad (3)$$

alınacaq. İndi təsəvvür edək ki, bu sxem diodsuzdur, onda

$$u'_2 = i_y \cdot R_n \quad \text{və} \quad u_2^2 = i_y \cdot R_n.$$

Bunları tərəf-tərəfə toplasaq

$$u_2 = 2i_y \cdot R_n \quad (4)$$

alarıq. (3) və (4) ifadələrinin bərabərliyindən aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\frac{i_d}{i_y} = \frac{R_n}{R_d + R_n} \quad (5)$$

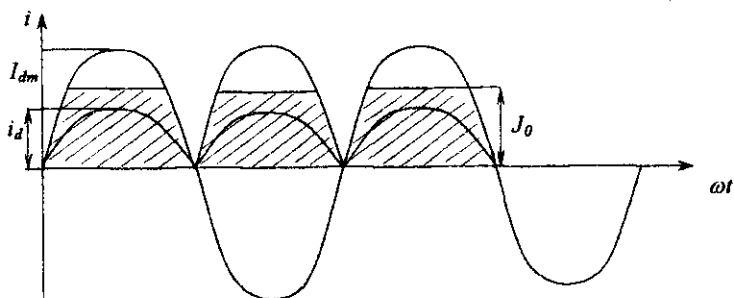
Bu ifadə §2.9-da (6) ifadəsi ilə eynidir. Deməli buradan belə nəticə çıxır ki, hər iki yarımperiodda R_n yük müqavimətindən axan cərəyanın qiymətləri eyni olur. Lakin, burada periodlar arasında bir periodlu sxemdə olduğu kimi ikinci yarımperiod mənfə yox müsbət istiqamətdə axır. Odur ki, cərəyan iki dəfə artmış olur. Bunu qrafiki görmək üçün aşağıdakı hesablamaları aparırıq. Bir yarımperiodlu sxemi araşdırarkən göstərmişdik ki, dioddan axan sinusoidal cərəyanın düzləndirilmiş şəkildəki qiyməti

$$J_0 = \frac{I_{dm}}{\pi} \quad (6)$$

şəklində alınır. Ancaq sıfır nöqtəsi çıxarılmış transformator sxemində isə bu hal həm də ikinci diodda təkrar olunduğu üçün yükə axan cərəyanın qiyməti iki dəfə artmış olacaqdır. Yəni,

$$J_0 = 2 \cdot \frac{I_{dm}}{\pi} = 0,63 I_{dm} \quad (7)$$

alınacaq. Deməli belə çıxır ki, sıfır nöqtəsi çıxarılmış transformator sxemində alınan sabit cərəyan dəyişən cərəyanın maksimum qiymətindən $\frac{2}{\pi}$ qədər kiçikdir. Bunu qrafikdə aşağıdakı kimi görmək olar:



Bildiyimizə görə transformatorun ikinci dolağından axan i_d cərəyanı $i_d = \frac{I_{dm}}{2}$ kimi hesablanır, onda sabit cərəyanla bu cərəyan arasındakı münasibət aşağıdakı kimi olar

$$J_0 = 0,63I_{dm} = 0,63 \cdot 2i_d = 1,26i_d \quad (8)$$

Bu onu göstərir ki, transformatorun ikinci dolağından axan cərəyanın təsiretmə qiyməti sabit cərəyanın tərkibindədir. Bu isə bu sxemin üstün cəhətidir. Belə ki, burada alınmış sabit cərəyan bir periodlu sxemdəki sabit cərəyandan iki dəfə çox olur.

Eyni qayda ilə sabit gərginliyi də hesablamaq olar.

Bildiyimiz kimi gərginliyin təsiredici qiyməti ilə maksimum qiyməti arasında əlaqə aşağıdakı kimidir:

$$u_2 = \frac{u_m}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

(7) düsturuna əsasən sabit gərginlik üçün yaza bilərik

$$u_0 = \frac{2}{\pi} u_m \quad (10)$$

(10) və (9) düsturlarından aşağıdakılar alınır

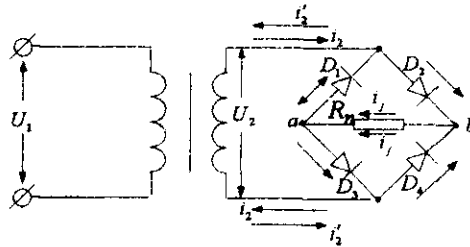
$$u_0 = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} u_2 = 0,9u_2.$$

Deməli, iki yarımperiodlu sxemlərdə cərəyana görə düzləndirmə əmsalı $k_i = 1,26$ gərginliyə görə düzləndirmə əmsalı isə $k_u = 0,9$ -a bərabərdir. Bu sxemlərdə sabit gərginliyinin təsir edici qiymətdən aşağı olması müəyyən qədər problemlər yaradır ki, bu da həmin sxemlərin çıxışına xüsusi süzğəclərin, özü də kondensatorlu süzğəclərin quraşdırılmasını tələb edir. Lakin burada bir problemdə transformatorun sıfır nöqtəsinin çıxarılmasından

ibarətdir. Bu sxemin əsas çatışmayan cəhətidir. Bu cür çatışmamazlıqları nəzərə alıb körpü sxemlərindən istifadə olunur.

§ 2.11. KÖRPÜ SXEMİ

Əvvəlki sxemlərdən fərqli olaraq körpü sxeminə cərəyanın döyünməsi azalır. Yəni burada cərəyanın düzləndirilməsi dördü bir perioda qədərdir. Körpü sxeminin quruluşu aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemin iş prinsipi aşağıdakı kimidir. Tutaq ki, sinusoidanın müsbət yarım periodu gəlmişdir. Bu zaman i_2 cərəyanı D_2 dioduna, oradan R_n yükünə və D_3 dioduna axacaqdır. Mənfi yarımperiodu gələndə isə bu diodlar bağlı olacaqdır. Lakin bu anda transformatorun aşağı qütübü müsbət yükləndiyindən i_2 cərəyanı əks istiqamətdə, əvvəl D_4 dioduna oradan R_n yükünə və nəhayət D_1 diodundan keçərək transformatorun yuxarı qütübünə daxil olacaqdır. Hər iki halda cərəyan eyni istiqamətdə axacaqdır.

Şəkilə əsasən yazmaq olar ki,

$$u_{d_1} + u_{d_3} = u_{d_2} + u_{d_4} = u_2 \quad (1)$$

Nəzərə alsaq ki, hər diodun gərginliyi bir-birinə bərabərdir, onda

$$u_2 = 2u_d = 2R_d \cdot i_d \quad (2)$$

yazmaq olar. İndi tutaq ki, diodlar yoxdur, onda gərginlik ancaq yük müqavimətində düşür, yəni

$$u_2 = i_2 \cdot R_y \quad (3)$$

(3) və (2) ifadələrinin bərabərliyindən

$$i_2 \cdot R_y = 2R_d \cdot i_d$$

Buradan

$$\frac{i_d}{i_2} = \frac{R_y}{2R_d} \quad (4)$$

Nəzərə alsaq ki, R_d - müqaviməti çox kiçik bir qiymətə bərabərdir. Onda $\frac{R_y}{2R_d} = 1$ olacaqdır. Yəni $\frac{i_d}{i_2} \leq 1$ olacaqdır. Bu isə onu göstərirki körpü sxemində cərəyanın düzləndirilmiş qiyməti həqiqi qiymətindən kiçik olacaqdır. Bunu qrafiki olaraq göstərmək üçün bir qədər araşdırma aparaq. Sxemdən görüldüyü kimi i_2 cərəyanı iki diod və bir yükədən axaraq i_2' cərəyanına çevrilir.

Aydın məsələdir ki, i_2' - cərəyanı sabit cərəyan olacaqdır. Odur ki, bu cərəyanın qiyməti §2.9-un (11) düsturuna əsasən hesablanaraq ikiye vurulmalıdır. Çünki sabit cərəyan iki dioddan axdıqdan sonra düzlənmişdir, yəni

$$i_2' = J_0 = 2 \cdot 0,318 J_{2M} = 0,63 J_{2M} \quad (5)$$

Nəzərə alsaq ki, ikinci dolaqdan axan cərəyanın həqiqi qiyməti ilə maksimal qiyməti arasında

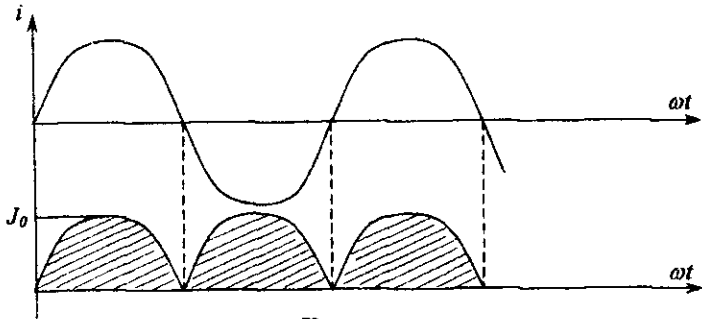
$$i_2 = \frac{J_{2M}}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

münasibəti mövcuddur. Onda

$$J_0 = 0,63 \cdot \sqrt{2} i_2 = 0,9 i_2 \quad (7)$$

yazmaq olar.

Deməli belə çıxır ki, körpü sxemində cərəyanın sabit təşkiledicisi onun həqiqi qiymətindən 0,9 qədər kiçikdir. Bu körpü sxeminin ən üstün halı sayılır. Eyni ilə gərginlik üçün də yazmaq olar ki, $u_0 = 0,9 \cdot u_2$.

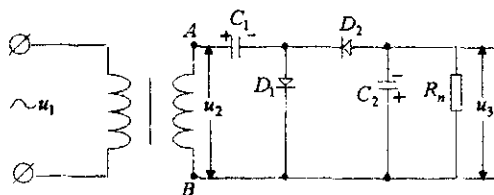


Deməli, belə nəticə çıxır ki, körpü sxemində cərəyan və gərginliyin düzləndirilməsi faza etibarlı ilə iki yarımperiodda olduğu kimi olur. Ancaq onların qiymətləri isə dəyişən cərəyan və gərginliyin həqiqi qiymətlərinə yaxın olur. Körpü sxemlərinin bu xüsusiyyətindən istifadə edərək onları müxtəlif radiotexniki qurğularda tətbiq etmək olur.

§ 2. 12. GƏRGİNLİK TOPLAYICILARI

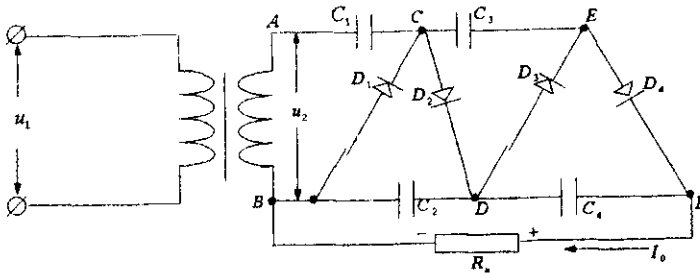
Bəzi radiotexniki qurğular vardır ki, onların girişindəki gərginlik düzləndirilməklə bərabər həm də dəyişən gərginliyin nominal qiymətindən yüksək olmalıdır. Bunu nəzərə alıb gərginlik toplayıcıları adlanan sxemlərdən istifadə olunur.

Sadə ikiqat gərginlik toplayıcısının sxemi aşağıdakı kimidir.



Sxemin iş prinsipi belədir: transformatorun ikinci dolağında A nöqtəsində gərginliyin müsbət yarımperiodu gəldikdə C_1 kondensatorunun köynəkləri dolur. D_2 - diodu bağlı olduğu üçün cərəyan C_2 kondensatoruna axmır. İkinci mənfi yarımperioda gələndə isə D_1 diodu bağlı olduğundan cərəyan C_2 kondensatorunun müsbət qütbünə, digər tərəfdən C_1 kondensatorunun mənfi qütbündən D_1 - diodundan keçməklə C_2 kondensatorunun mənfi qütbünə axacaqdır. Deməli belə çıxır ki, C_2 kondensatoru həm C_1 kondensatorunun boşalması hesabına, həm də transformatorun B çıxışını müsbət yarımperiodda olduğu vaxt dolur. Odur ki, C_2 kondensatorunun çıxışında bu həm də R_n - müqavimətinin ucları birləşən yeridir, iki gərginlik toplanır. Bunlarda biri U_{C_1} C_1 kondensatorunun çıxışlarındakı gərginlik, digəri isə transformatorun AB çıxışında olan U_{AB} və ya U_2 gərginliyidir. Göründüyü kimi bu sxem gərginliyin iki dəfə toplanmasını təmin edir. Lakin elə

sxemlərdə vardır ki, gərginlik üç və ya dörd dəfə toplanılır. Bu cür sxemlərdən biri aşağıda verilmişdir.



Sxemin iş prinsipi aşağıdakı kimidir:

A nöqtəsində müsbət yarım period gələndə C_1 kondensatoru D_1 diodunun vasitəsi ilə dolur. Bu zaman B nöqtəsi mənfi yüklənir. A nöqtəsində mənfi yarımperiod gələndə bu vaxt D_1 diodu bağlı olduğundan cərəyan D_2 diodundan axaraq C_2 kondensatorunu doldurur. Eyni zamanda C_1 kondensatoruda boşalır. Odur ki, CD nöqtələrindəki gərginlik iki dəfə artır. $U_{CD} = 2U_2$ - olur. İkinci dəfə A nöqtəsi müsbət yüklənən vaxt yenidən C_1 kondensatoru dolur. Lakin C_2 kondensatoru D_3 diodunun hesabına boşalır C_3 kondensatorunu doldurur. Yenidən A nöqtəsi mənfi, B isə müsbət yükləndikdə C_1 kondensatoru boşalıb C_2 - ni, C_3 kondensatoru isə C_4 - dü D_4 vasitəsi ilə doldurur. Bu zaman EF nöqtəsindəki gərginlik artaraq $U_{EF} = 2U_{CD} = 4U_2$ olur. Odur ki, R_n -yük müqavimətindən gərginliyin artımı hesabına axan sabitləşmiş cərəyan $I_0 = \frac{4U_0}{R_n}$ olacaqdır.

Gərginliyin dörd dəfə artırma xüsusiyyətinə görə bu cür toplayıcı sxemləri elektron şüa borularının qida mənbəyi kimi istifadə edirlər. Aydın məsələdir ki, sxemdəki kondensatorlar böyük tutuma malik olmalıdırlar ki, EŞB - açılması üçün lazım olan cərəyan alınsın. Bu isə sxemin ölçülərinin artmasına səbəb olur. Bu xüsusiyyətinə görə gərginlik toplayıcılarından çox az istifadə olunur. Son zamanlar impuls qida mənbələrindən istifadə olunur ki, bunlar haqqında gələcəkdə məlumat veriləcəkdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, həm körpü, həm də gərginlik toplayıcı sxemlərində düzləndirilmiş cərəyan tam sabit cərəyan olmadığından xüsusi

sxemlər vasitəsi ilə onu hamarlayırlar ki, bunlar da hamarlayıcı süzgülər adlanır.

§ 2.13. HAMARLAYICI SÜZGÜCLƏR

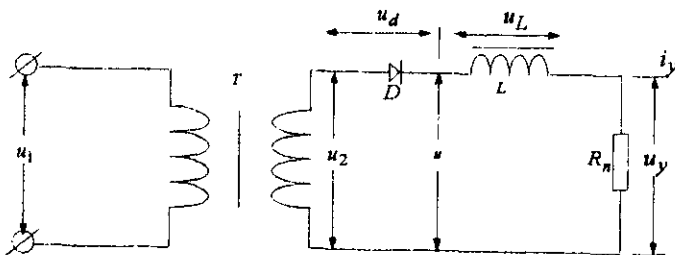
Adətən süzgül dedikdə, hər hansı bir aşqarlı mayeni süzən alət nəzərdə tutulur. Ancaq elektronikada süzgül heç də aşqar təmizləyən yox, diodlar vasitəsi ilə müəyyən qədər düzləndirilmiş döyünən cərəyanı sabit şəkllə salan hamarlayıcı nəzərdə tutulmalıdır.

Bu hamarlayıcılar düzləndirici ilə yük arasında qoşulur. Əsasən üç növ hamarlayıcı mövcuddur: 1) İnduktiv tipli; 2) Tutum tipli; 3) Qarışıq tipli hamarlayıcılar.

İndi bu hamarlayıcılar haqqında müəyyən qədər məlumat verək.

1) İnduktiv tipli hamarlayıcı

Sadə induktiv tipli hamarlayıcının sxemi aşağıdakı kimidir.



Şəkildən görüldüyü kimi

$$u_y = u_D + u_L = i_d \cdot R_d + i_d \cdot \omega_d L \quad (1)$$

Əgər nəzərə alsaq ki, $u_y = i_y \cdot R_n$ onda

$$i_y \cdot R_n = i_d (R_d + \omega_d L) \quad (2)$$

Burada

$$\omega_d = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\tau} \quad (3)$$

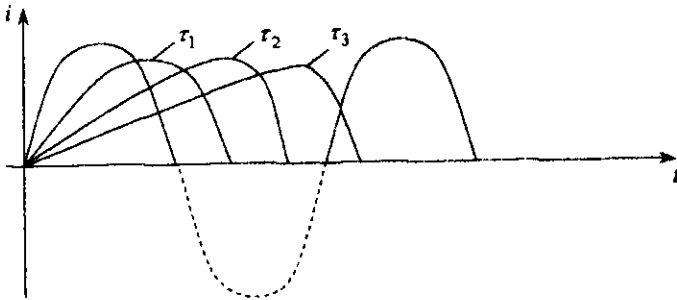
döyünmə tezliyidir. Burada τ -zaman sabiti adlanır. Bunu (2) -də yerinə yazsaq və tənliyi həll edək:

$$\frac{i_d}{i_y} = \frac{R_n}{R_d + \frac{L}{\tau}} \quad (4)$$

Aydın məsələdir ki, $\frac{i_d}{i_y} \geq 1$ olan bir kəmiyyətdir. Xüsusi hal üçün qəbul etsək ki, $\frac{i_d}{i_y} = 1$ olarsa, onda $R_d = 0$, yəni sxem diodsuz olacaq, bu zaman (4) ifadəsindən

$$1 = \frac{R_n}{\frac{L}{\tau}} \text{ və ya } \tau = \frac{L}{R_n} \quad (5)$$

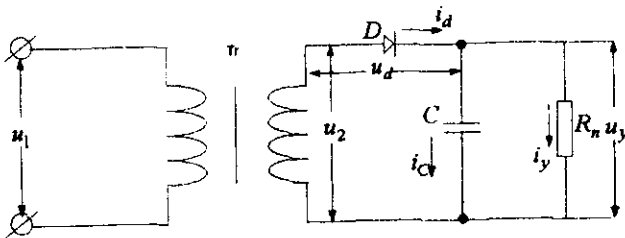
alınacaq. Deməli belə nəticə çıxır ki, τ -zaman sabitin sxemin parametrlərindən asılıdır. Odur ki, τ -zaman sabitinin dəyişməsi ilə cərəyanın da qiyməti dəyişmiş olur. Bunu aşağıdakı qrafikdən görmək olar.



Bu cür çatışmamazlığı nəzərə alıb induktiv tipli süzgeçlərdən istifadə olunmur.

2) Tutum tipli hamarlayıcı .

Bu tip hamarlayıcının sxemi aşağıda verilmişdir.



Şəkildən görüldüyü kimi

$$i_d = i_c + i_y$$

kondensatorla yük müqaviməti bir-birinə paralel birləşdiyindən $u_c = u_y$ yazmaq olar, hansı ki,

$$u_c = \frac{1}{\omega_d C} \cdot i_c, \quad u_y = i_y \cdot R_n$$

Onda

$$\frac{1}{\omega_d C} \cdot i_c = i_y \cdot R_n \quad \text{və ya} \quad \frac{i_y}{i_c} = \frac{1}{\omega_d C R_n} = \frac{1}{\frac{1}{\tau} C R_n} = \frac{\tau}{C R_n} \quad (7)$$

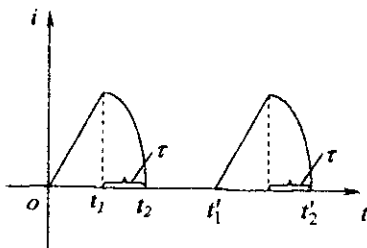
Sxemin iş prinsipi ilə tanış olduqda görmək olar ki, kondensator birinci müsbət yarımperiodda dolduqdan sonra ikinci mənfi yarımperiod zamanı boşalır və hər iki halda R_n -yük müqavimətindən eyni istiqamətdə i_y və i_c - cərəyanları axır. Kondensatoru seçən zaman elə etmək olar ki, $i_c = i_y$ olsun, onda (7) ifadəsində

$$\frac{\tau}{R_n \cdot C} = 1$$

alınacaq və buradan da

$$\tau = R_n \cdot C \quad (8)$$

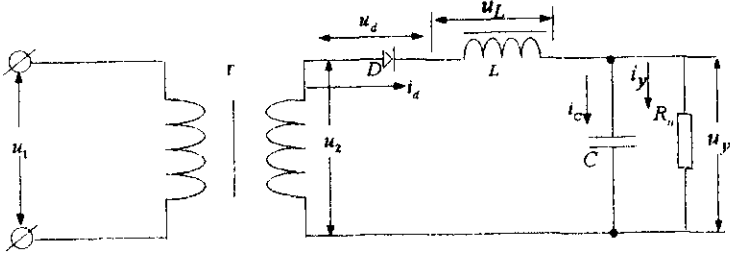
olacaqdır. Kondensatorun dolması və boşalması zamanı ayrılan vaxt intervalları aşağıdakı qrafikdə göstərilmişdir.



Qrafikdən görüldüyü kimi kondensatorun dolması hər hansı t_1 müddəti ərzində, boşalması isə t_2 müddəti ərzində baş verir. $t_2 - t_1 = \tau$ müddəti isə zaman sabitinə olub onun boşalma müddətini müəyyən edir. Bu müddət isə (8) ifadəsinə əsasən sxemin parametrlərindən asılıdır.

3) Qarışıq, LC - tipli hamarlayıcı

Bu tip hamarlayıcıda induktiv müqavimət diodla ardıcıl, kondensatorla müqavimət isə paralel birləşməsidir.



Axan cərəyan həm induktivlikdə, həm də diodda gərginlik düşgüsü yaradır. Yəni ümumi gərginlik

$$u_2 = u_D + u_L + u_y \quad (9)$$

Bunu cərəyanlarla ifadə etsək

$$i_2 \cdot z = i_D \cdot R_d + i_d \cdot \omega L + i_y \cdot R_n \quad (10)$$

və ya

$$i_2 \cdot z = i_D \cdot R_d + i_d \cdot \omega L + i_c \cdot \frac{1}{\omega C} \quad (11)$$

Əgər xüsusi hal kimi $R_n = \omega L$, yəni yük müqavimətini drosselin müqavimətinə bərabər götürsək onda (10) ifadəni belə yazırlar.

$$i_2 \cdot z = i_D \cdot R_d + \omega L(i_d + i_y) \quad (12)$$

(12) ilə (11) ifadələrini tərəf-tərəfə çıxsaq alırıq:

$$0 = i_d \omega L - \omega L(i_d + i_y) + i_c \frac{1}{\omega C} = i_d \omega L - \omega L i_d - \omega L i_y + i_c \frac{1}{\omega C} = -\omega L i_y + i_c \frac{1}{\omega C}$$

və ya

$$\frac{i_y}{i_c} = \frac{1}{\omega^2 LC} \quad (13)$$

Qeyd etməliyik ki, kondensator boşalan zaman $i_c = i_d + i_y$ iki bərabər cərəyana ayrılır, yəni $i_d = i_y$. Onda (13) ifadəsi $\omega^2 LC = 2$ alınır. Hansı ki, $\omega = \frac{1}{\tau}$ və ya $\tau = \sqrt{\frac{LC}{2}}$ alınacaq. Bu zaman sabitinin qarışıq LC sxemindeki qiymətidir. Bu isə onu göstərir ki, zaman sabiti çox kiçik olsada sxemin

parametrlərindən asılı olur. Odur ki, zaman sabitinin belə sxemlərdə kiçik olması bu sxemin praktikada tətbiqinə şərait yaradır. Əgər (13) ifadəsində $i_c = i_d + i_y$ əvəzləməsi aparsaq, onda

$$\frac{i_d + i_y}{i_y} = \omega^2 LC \quad \text{və ya} \quad \frac{i_d}{i_y} = \omega^2 LC - 1 \quad (14)$$

alınacaq, burada $\frac{i_d}{i_y} = q$ hamarlayma əmsalı adlanır. Deməli,

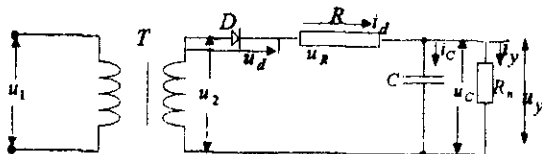
$$q = \omega^2 LC - 1 \quad (15)$$

Bu ifadədən sxemin parametrlərini tapa bilərik, yəni

$$LC = \frac{q+1}{\omega^2} \quad (16)$$

(16) ifadəsində $q \geq 1$ olduğundan LC sxemini kiçik cərəyanlı düzləndirmə sxemlərində istifadə edərkən L induktivliyinin ölçüləri böyük olduğu üçün sxem kobud alınır və induktivliyin yaratdığı maqnit sahəsinin o biri yüksək hissiyatlı elektron cihazlarının işinə təsir göstərməsinə səbəb olur. Bunun üçün kiçik cərəyanlı düzləndirmə sxemlərində drosselin əvəzinə müqavimətdən istifadə olunur.

4) *Qarışıq RC tipli hamarlayıcı*. Aşağıdakı şəkildə bu tip hamarlayıcının sxemi verilmişdir.



Sxemə əsasən gərginliklər üçün yazarıq ki,

$$u_2 = u_d + u_R + u_C$$

və ya

$$u_2 = u_d + u_R + u_y$$

tərəf-tərəfə çıxsaq $u_C - u_y = 0$ alınar, hansı ki $u_C = i_C \cdot \frac{1}{\omega C}$ və $u_y = i_y \cdot R_n$ kondensator boşalan vaxt onun cərəyanı ancaq R_n yük müqavimətindən axır. Odur ki, kondensatorun i_c - cərəyanı $i_c = i_y$ alınır. Belə olan halda R

müqavimətindən axan i_d cərəyanı $i_d = 2i_y$ alınacaqdır. Əgər çıxış parametri u_y , giriş parametri isə u_R olarsa, onda $\frac{u_R}{u_y} = q$ hamarlaşma əmsalı olacaq.

$$u_R = i_d \cdot R, u_y = u_c = i_c \cdot \frac{1}{\omega C}$$

Buradan $\frac{i_d \cdot R}{i_c \cdot \frac{1}{\omega C}} = q$ alınır, hansı ki, $i_c = i_y = \frac{i_d}{2}$, onda $\frac{i_d R}{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\omega C}} = q$ və

ya $2\omega RC = q$.

Buradan sxemin parametrləri sayılan R aktiv və C tutum kəmiyyətləri hesablanır

$$RC = \frac{q}{2\omega} \quad (17)$$

Praktikada (16) və (17) düsturları aşağıdakı kimi hesablanır.

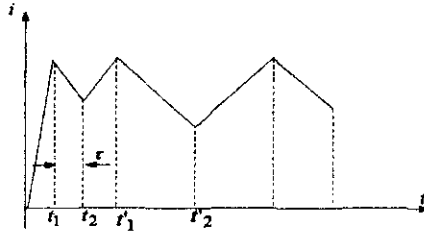
$$LC = \frac{2,5 \cdot 10^4 (q+1)}{m^2 f_c^2} \quad \text{və} \quad RC = \frac{1,5 \cdot 10^6 q}{m f_c} \quad (18)$$

Burada m - düzləndirilən periodun əmsalıdır. O sxemin quruluşundan asılı olaraq $m = 1$ və $m = 2$ ola bilər. f_c - sxemdə olan tezlikdir. R_c - tipli sxemdə zaman sabiti

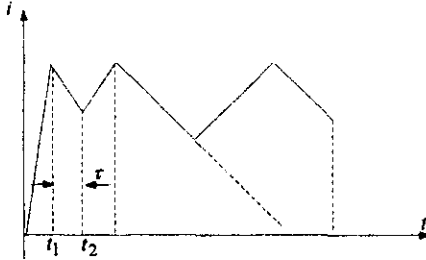
$$\tau = RC \quad (19)$$

kimi hesablanır. Lakin düsturda R (8) düsturunda olan R_n - dən fərqlənir.

Çünki adətən, $R = \frac{R_n}{4}$ nisbətində götürülür. O səbəbdən bu müqavimətdə gərginlik düşgüsü çox olur. Bunun nəticəsində cərəyanın qiyməti qalxır. Nəticədə kondensator tez dolub boşalır. Bunu qrafiki olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Qrafikdən göründüyü kimi, t_1 zaman müddəti, yəni kondensatorun dolma müddəti çox kiçikdir. τ - zaman sabiti çox kiçik olduğu üçün t_2 müddətində azalır və nəticədə sinusoida axıra qədər olmur. Lakin bir şeyi qeyd etmək lazımdır ki, cərəyanın qiyməti artdıqca bu tip hamarlayıcılarla işləmək mümkün olmur. Çünki bu hamarlayıcılarda hamarlama əmsali induktiv tutum tipli hamarlayıcılara görə az olur. Aşağıdakı şəkildə induktiv – tutum tipli hamarlayıcının qrafiki verilmişdir.



Göründüyü kimi zaman sabiti LC - tipli hamarlayıcılarda RC tipli hamarlayıcılara nisbətən kiçikdir. Odur ki, bu hamarlayıcılarda hamarlama əmsali da böyük olur.

§ 2.14. STABILİZATORLAR

Hər hansı çıxış parametrini giriş parametrinə görə tənzimləyən qurğulara stabilizatorlar deyilir. Stabilizatorlar iki cür olur:

- Parametrik, yəni sxemin parametrlərinə görə işləyən stabilizatorlar
- Kompensasiyalı, yəni sxemin giriş və çıxış parametrlərini kompensasiya edən stabilizatorlar.

Tənzimlənmə parametrinə görə işə gərginlik və cərəyan stabilizatorları olur.

Stabilizatorların əsas xarakteristikaları aşağıdakılardır:

1. Stabilizasiya əmsali. Gərginliyə görə stabilizasiya əmsali:

$$K_u = \frac{\Delta u_g \cdot u_\varphi}{u_g \cdot \Delta u_\varphi} \quad (1)$$

Cərəyana görə stabilizasiya əmsali

$$K_i = \frac{\Delta u_g \cdot J_\varphi}{u_g \cdot \Delta J_\varphi} \quad (2)$$

2. Çıxış müqaviməti

$$R_\varphi = \frac{\Delta u_\varphi}{\Delta J_\varphi} \quad (3)$$

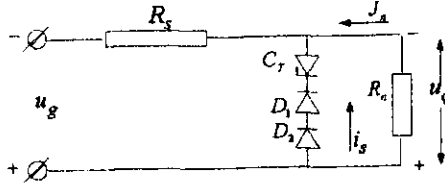
3. Faydalı iş əmsalı

$$\eta = \frac{u_\varphi \cdot J_\varphi}{u_g \cdot J_g} \quad (4)$$

4) Çıxış gərginliyinin dreyfi (yəni buraxıla bilən qeyri-stabillik). Çıxış gərginliyinin dreyfi vaxta və temperatura görə xarakterizə olunur. Bu müəyyən vaxt və temperatur ərzində çıxış gərginliyinin mütləq və nisbi dəyişməsi deməkdir.

Stabilizasiyanın dəqiqliyini artırmaqdan ötrü stabilizatorların sxemləri bir və ya bir neçə kaskadlı yığılır.

Aşağıdakı şəkildə bir kaskadlı stabilizatorun sxemi verilmişdir.

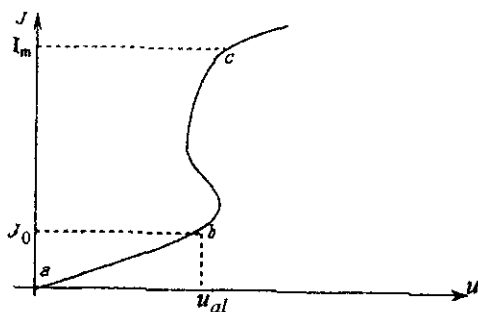


Cərəyan müsbət qütbədən mənfi qütbə axarkən R_n -yük müqavimətinə və $D_1 D_2 C_T$ kaskadına paylanır. R_s -də isə yenidən toplanır. Aydındır ki, u_g - gərginliyi $R_s, D_1 D_2$ diodlarında və C_T - stabilitorunda düşür, yəni

$$u_g = u_{R_s} + u_{C_T} + u_{D_1} + u_{D_2} = u_{R_s} + u_{C_T} + u_D \quad (5)$$

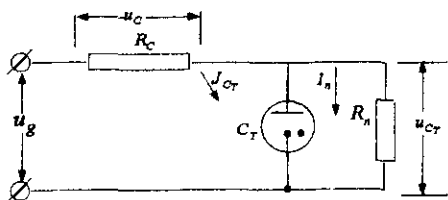
burada $u_D = u_{D_1} + u_{D_2}$ kimi hesablanmalıdır. u_{R_s} - R_s müqavimətində düşən, u_{C_T} isə C_T - stabilitronda düşən gərginliklərdir. Burada R_s - söndürmə müqaviməti adlanır. Həmin müqavimətin qiyməti böyük olduğu üçün stabilizasiya əmsalı artır. Sxemin əsas detallı C_T - stabilitorudur. Stabilitrón iş prinsipi aşağıdakı kimidir. İlk öncə qeyd etmək lazımdır ki, stabilitorlar iki cür olur. İon cihazları əsasında yaradılmış stabilitrónlar və yarımqeçiricilər əsasında yaradılmış stabilitrónlar.

1) Əvvəlcə ion – stabiltronunun iş prinsipi və sxemə qoşulma yolunu nəzərdən keçirək. İon – stabiltronunun iş prinsipi ion cihazlarında közərən boşalma hadisəsinə əsaslanmışdır. İon cihazlarında közərən boşalma hadisəsi aşağıdakı kimi izah oluna bilər. Əgər bir daxilinə təsirsiz qaz doldurulmuş bolonun içərisinə iki elektrod, anod və katod yerləşdirsək və bu elektrodlar arasında elektrik sahəsi yaratsaq, onda bu zaman katodun şüalandırdığı elektronlar balon daxilində olan qazın atomları ilə toqquşmağa başlayacaq. Elektronların katodu tərk edərkən aldıkları enerjiden asılı olaraq toqquşma zamanı neytral atomlar həmin bu enerjini qəbul edirlər. Nəticədə bu atomlar həyacanlanmış hala keçir. Həyacanlanmış atom isə əvvəllərdə qeyd (§1.3) etdiyimiz kimi bir elektron şüalandırır müsbət iona çevrilir. Beləliklə, qaz daxilində olan müsbət və mənfi yüklənmiş hissəciklər yaranır ki, bu da elektrodlar arasında tətbiq olunmuş elektrik sahəsinin təsiri ilə elektrik cərəyanının axmasına səbəb olur. Bu hadisə qazın növündən asılı olaraq müəyyən işıqlanma ilə gedir və qaz boşalma hadisəsi adlanır. Qazın sıxlığından asılı olaraq cərəyan da iştirak edən yüklü hissəciklərin sayı da dəyişir. Odur ki, nəticədə cərəyanın da qiyməti dəyişir. Bunu aşağıdakı qrafikdən aydın görmək olar. Qrafik ion cihazının volt – amper xarakteristikasıdır $J = f(u)$.



Qrafikdən görüldüyü kimi anod gərginliyinin müəyyən qiymətinə qədər demək olar ki, qaz daxilində cərəyan axını olmur. Bu hala (qrafikin *a.b.* hissəsi) hazırlıq halı və ya ilkin hal deyilir. Gərginliyinin u_{al} qiymətində isə cərəyan birdən artmağa başlayır. Bu cihazdan cərəyanın axmağa başladığını göstərir. Hazırlıq halında qaz daxilində ionlaşma prosesi gedir. Gərginliyinin u_{al} qiyməti artıq ionlaşmanın kritik halı olur ki, bu zaman ionlaşmış hissəciklər sürətlə anoda doğru hərəkət edirlər. Bu anod cərəyanının

artmasına səbəb olur (qrafikin *b.c.* hissəsi). Cərəyanın artmasına baxmayaraq gərginliyin qiyməti dəyişmir. Bu xüsusiyyətdən ion stabiltronunda istifadə olunur. İon stabiltronunun sxemə qoşulması aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemə əsasən

$$u_g = u_C + u_{CT} \quad (6)$$

burada

$$u_C = (J_{CT} + J_n)R_C, \quad u_{CT} = R_n \cdot J_n = R_{CT} \cdot J_{CT} \quad (7)$$

(7) ifadələrini (6) - da yazsaq aşağıdakıları alırıq

$$u_g = (J_{CT} + J_n)R_C + J_n \cdot R_n = J_{CT} \cdot R_C + J_n \cdot R_C + J_n \cdot R_n$$

buradan

$$J_n = \frac{u_g - J_{CT} \cdot R_C}{R_C + R_n} \quad (8)$$

(8) ifadəsində R_n və R_C - müqavimətləri sabit olduğu üçün J_n - cərəyanının sabit qalması üçün u_g - gərginliyinin dəyişməsinə uyğun olaraq J_{CT} - stabiltronun cərəyanı dəyişməlidir. Yəni u_g - artarsa ona müvafiq olaraq J_{CT} - də artar və ya əksinə. Sxemdə R_C - söndürmə və ya məhdudlaşdırma müqavimətidir. Hansı ki, bu müqavimətinin qiyməti bir neçə kilo Om həddindədir. O, aşağıdakı kimi tapılır. (8) ifadəsinə görə

$$R_C = \frac{u_g - J_n \cdot R_n}{J_n + J_{CT}} \quad (9)$$

Stabiltrondan axan cərəyan isə

$$J_{CT} = \frac{u_g - J_n \cdot (R_C + R_n)}{R_C} \quad (10)$$

Bu ifadədən görünür ki, əgər R_n - müqaviməti olmasa, yəni stabiltronun çıxışı açıq olarsa, onda $J_n = 0$ olar. Onda (10) ifadəsində $J_{CT} = \frac{u_g}{R_C}$. Əgər u_g

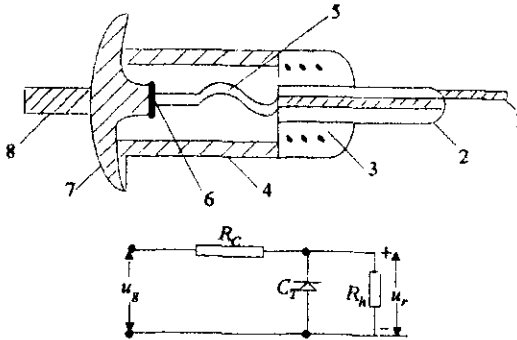
gərginliyi artsa J_{CT} - cərəyanında sürətlə artmağa başlayacaq ki, bu da cihazın sıradan çıxmasına səbəb olacaq. Odur ki, yük qoşulmamış stabiltronu gərginliyə birləşdirmək olmaz. Bəzi hallarda stabilizasiya olunacaq gərginlik çox olarsa və bir stabiltronun buna gücü çatmasa onda bir neçə stabiltron ardıcıl qoşulur. Bu zaman stabilləşmiş gərginliyin qiyməti

$$u_{\phi} = n \cdot u_{CT} \quad (11)$$

burada n - stabiltronların sayı, u_{CT} isə stabiltronun gərginliyidir. u_{ϕ} çıxışda olan stabilləşmiş gərginlikdir.

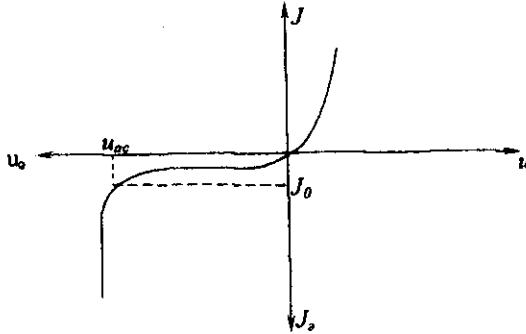
2) Yarımkəçirici stabiltron.

§2.4. - də diodlarda elektriki deşilmə haqqında danışarkən qeyd etmişdik ki, valent zonasındaki atomlara güclü elektrik sahəsinin təsiri olarsa, onlar elektronlar buraxır və həmin bu elektronlar sel şəkilində yenədə güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə keçiricilik zonasına keçirlər. Onlar p - n keçidini diodun uclarına tətbiq olunmuş gərginliyin əks qiymətində də keçə bilirlər ki, bu hadisəyə də Zener effekti adı verilmişdir. Lakin əgər əks gərginliyin qiyməti müəyyən qiymətdən (buraxıla bilən qiymətdən) artıq olarsa bu zaman diod deşiləcəkdir. Çünki əks gərginliyin artması ilə əks cərəyanda artır ki, diodun deşilməsində səbəbi budur. Bunun qarşısını almaqdan ötrü dioda ardıcıl olaraq müqavimət qoşulur ki, bu müqavimətə söndürücü müqavimət deyilir. Əks gərginliyin artması ilə əks cərəyanın artımı müşahidə olunan krem diodları krem stabiltronu adlanır. Adı krem stabiltronu aşağıdakı konstruksiyaya və qoşulma sxeminə malikdir.



1- çıxışı 2 tribkasına bərkidilir. Hansı ki, o, 3 - izolyatoru vasitəsilə 4 - qərmətik metal korpusla birləşir. 5 - daxili və birləşdirici məftili 6 - kristalını

birbaşa 1 – çıxışına bağlamaqdan ötrü qoşulmuşdur. Hansı ki, bu kristalı 7 kristal tutan 8 – çıxışı ilə birləşdirir. 6 – kristalı müstəvi krem üzərinə əridilərək yapışdırılmış aliminium birləşməsi olur, hansı ki, bu aliminium aksentor rolunu oynayır. Stablitrunun volt amper xarakteristikası aşağıda verilmişdir.



Qrafikdən görünür ki, əks gərginliyin müəyyən u_{ac} qiymətindən sonra stabiltronun əks cərəyan axmağa başlayır ki, bundan etibarən cərəyanın artması gərginliyə təsir göstərmir. İon – stabiltronunda olduğu kimi burada da R_c - söndürücü müqavimət ilə seçilməlidir ki, J_s - cərəyanın artımı cihazı sıradan çıxartmasın. Krem – stabiltronun aşağıdakı parametrləri mövcuddur.

1. Stabilizasiya gərginliyi – bu cərəyanın nominal qiymətində stabiltrona düşən gərginlikdir.
2. Stabilizasiyanın minimal cərəyanı – bu stabiltronun u_{ac} gərginliyinə uyğun gələn cərəyanın qiymətidir.
3. Stabilizasiyanın maksimal cərəyanı – bu stabiltronun halına uyğun gələn cərəyanın qiymətidir.
4. Dinamik müqavimət – giriş çıxış gərginlikləri fərqi giriş çıxış cərəyanları fərqinə olan nisbətidir.
5. $p-n$ keçidinə tətbiq olunan maksimal güc bu $p-n$ keçidinin istiliyi dəşilməsinə səbəb olan tətbiq olunmuş gücdür.
6. Stabilizasiya gərginliyinin temperatur əmsalı – bu gərginliyin mütləq dəyişməsinin stabilizasiya gərginliyi ilə temperaturun mütləq dəyişməsinin nisbi faizidir, yəni

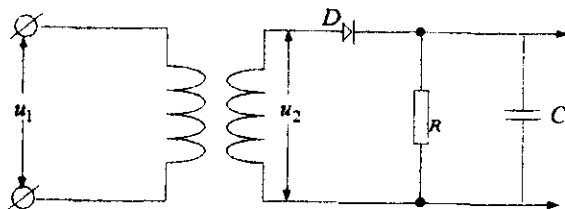
$$\frac{\Delta u_{CT}}{u_{CT} \Delta T} \cdot \%$$

Stabilizator haqqında daha geniş məlumatlar üçüncü bölmədə tranzistorlar haqqında danışılarkən veriləcəkdir.

§ 2.15. DİOD - DETEKTOR

Diodun düzləndirmə xüsusiyyətini nəzərə alıb, ondan radiotexniki qurğularda modulyasiyanın demodulyasiya olunma prosesində istifadə olunur.

Bildiyimiz kimi radiotexniki qurğularda qəbuledici tərəfindən qəbul olunmuş yüksək tezlikli modullaşmış siqnalları yenidən aşağı tezlikli siqnallara çevirib onları aşkara çıxartmaq üçün xüsusi sxemlərdən istifadə olunur ki, bu sxemlərə detektorlar deyilir. Detektorların əsas hissəsi isə dioddur. Aşağıdakı şəkildə sadə detektorun sxemi verilmişdir.



Göründüyü kimi sxem bir yarımperiodlu düzləndirmə sxemi kimidir. Lakin burada fərqli cəhət ondan ibarətdir ki, buna əlavə olaraq, kondensator qoşulmuşdur. Modullaşmış siqnallar da sinusoidal cərəyan kimi müsbət yarımperiodlu düzlənir. Ancaq burada modulyasiyanın müsbət hissəsi qalır.

Adi sinusoidal gərginliyin tənliyi aşağıdakı kimi olur

$$u = u_m \cos \omega_0 t \quad (1)$$

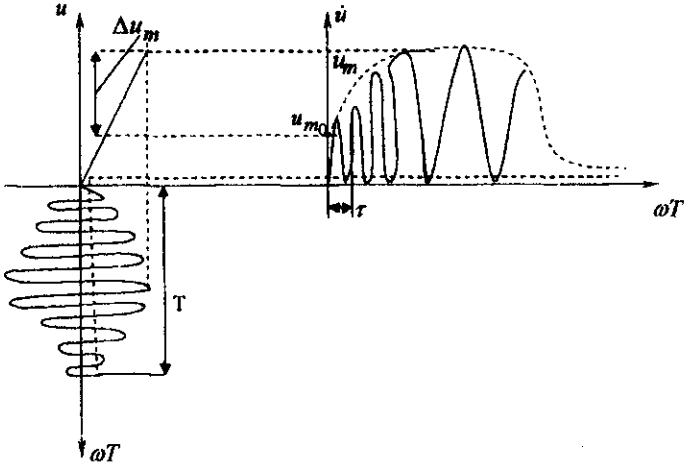
lakin modullaşmış sinusoidal gərginlik isə

$$u = (u_{m_0} + \Delta u_m \cdot \cos \Omega t) \cos \omega_0 t \quad (2)$$

hansı ki, burada $\Delta u_m = u_m - u_{m_0}$ və $u_m = u_{m_0} + \Delta u_m \cos \Omega t$.

T və τ , u_m və u_{m_0} - gərginliklərinin periodlarıdır.

Modulyasiyanın qrafiki aşağıdakı kimidir.



Qrafikdən görünür ki, τ çox kiçik perioddur. Odur ki, yazmaq olar ki, $T = k \cdot \tau$ (2) ifadəsində $\Omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{k \cdot \tau}$, onda $\omega_0 = \frac{2\pi}{\tau}$ bunları (2) də yazsaq alarıq:

$$\begin{aligned}
 u &= \left(u_{m0} + \Delta u_m \cdot \cos \frac{2\pi}{k\tau} \cdot t \right) \cos \frac{2\pi}{\tau} \cdot t = \\
 &= u_{m0} \cos \frac{2\pi}{\tau} \cdot t + \Delta u_m \cdot \cos \frac{2\pi}{k\tau} \cdot t \cdot \cos \frac{2\pi}{\tau} \cdot t \\
 &= u_{m0} \cos \frac{2\pi}{\tau} \cdot t + \frac{\Delta u_m}{2} \left[\cos \left(\frac{2\pi}{\tau} + \frac{2\pi}{k\tau} \right) t + \cos \left(\frac{2\pi}{\tau} - \frac{2\pi}{k\tau} \right) t \right] = \\
 &= u_{m0} \cos \frac{2\pi}{\tau} \cdot t + \frac{\Delta u_m}{2} \left[\cos \frac{2\pi}{\tau} \left(1 + \frac{1}{k} \right) t + \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(1 - \frac{1}{k} \right) t \right]
 \end{aligned} \tag{3}$$

(3) ifadəsində $\frac{\Delta u_m}{u_{m0}} = M$ modulyasiya sabiti olduğu üçün

$\Delta u_m = M \cdot u_{m0}$ əvəzləməsi apara bilərik, onda

$$u = u_{m0} \left\{ \cos \frac{2\pi}{\tau} \cdot t + \frac{1}{2} m \left[\cos \frac{2\pi}{\tau} \left(1 + \frac{1}{k} \right) t + \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(1 - \frac{1}{k} \right) t \right] \right\} \tag{4}$$

yazmaq olar. Bu ifadə amplitud modulyasiyanın tənliyidir. İndi isə modulyasiyanı detektirləşdirmək bunun üçün (1) ifadəsinin sıfırdan $\frac{T}{2} - \epsilon$ kimi inteqrallayırıq.

$$\begin{aligned}
 \int_0^{T/2} u dt &= \int_0^{T/2} u_{m0} \left\{ \cos \frac{2\pi}{\tau} dt + \frac{1}{2} m \left[\cos \frac{2\pi}{\tau} \left(1 + \frac{1}{k} \right) dt + \cos \frac{2\pi}{\tau} \left(1 - \frac{1}{k} \right) dt \right] \right\} = \\
 &= u_{m0} \left\{ \int_0^{T/2} \frac{\tau}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{\tau} \cdot t \right. + \frac{M}{2} \left[\frac{\tau}{2\pi} \cdot \frac{k}{k+1} \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(1 + \frac{1}{k} \right) t \right. + \\
 &+ \left. \left. \frac{\tau}{2\pi} \cdot \frac{k}{k-1} \sin \frac{2\pi}{\tau} \left(1 - \frac{1}{k} \right) t \right] \right\} = u_{m0} \left\{ \frac{\tau}{2\pi} \sin \pi k + \right. \\
 &+ \left. \frac{M}{2} \left[\frac{\tau}{2\pi} \cdot \frac{k}{k+1} \sin \pi k \left(1 + \frac{1}{k} \right) + \frac{\tau}{2\pi} \cdot \frac{k}{k-1} \sin \pi k \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right] \right\} = \\
 &= \frac{u_{m0} \cdot \tau}{2\pi} \left\{ \sin \pi k + \frac{M}{2} \left[\frac{k}{k+1} \sin \pi k \left(1 + \frac{1}{k} \right) + \frac{k}{k-1} \sin \pi k \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right] \right\}
 \end{aligned} \quad (5)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, k - sabitinin birdən fərqli bütün qiymətlərində yuxarıdakı bərabərlik demodulyasiyanın tənliyi ola bilər.

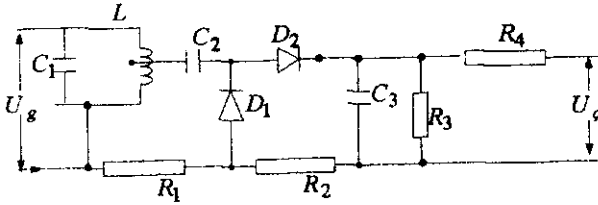
Məsələn $k = 2$ olarsa, onda

$$\begin{aligned}
 \int_0^{T/2} u dt &= \frac{u_{m0} \cdot \tau}{2\pi} \left\{ \sin 2\pi + \frac{M}{2} \left[\frac{2}{3} \cdot \sin 2\pi \cdot 1,5 + 2 \sin 2\pi \cdot 0,5 \right] \right\} = \\
 &= \frac{u_{m0} \cdot \tau}{2\pi} \left\{ 0 + \frac{M}{2} \left[\frac{2}{3} \cdot 0 + 2 \right] \right\} = \frac{u_{m0} \cdot \tau M}{2\pi} \approx 0,2 \cdot u_{m0} \cdot \tau M \quad (6)
 \end{aligned}$$

Deməli, belə nəticə çıxır ki, bir yarım period M - modulyasiyaya malik və k - period münasibəti iki olan gərginlik modulyasiyadan əvvəlki sabit qiymətinin (u_{m0}) 0,2 misli qədər azalmış olur. Eyni qayda ilə k -nın müxtəlif qiymətləri üçün demodulyasiyanın qiymətini hesablamaq olar.

Biz yuxarıda bir yarımperiodu demodulyasiyadan danışdıq. Bu demodulyasiyanın bir mənfi xüsusiyyəti varki, sxemdə yüksək tezlik tam süzülmədiyi üçün qəbuledici qurğularda onun təsiri sonrakı gücləndirmə sxemlərində artaraq qarışıqlıq (nomex) yaradır. Bunun qarşısını almaqdan

ötrü iki yarımperiodlu sxemlərdən istifadə olunur ki, onun da sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Gərginliyin müsbət yarımperiodu gələndə D_1 - diodu açıq olur. Mənfi yarımperiod isə D_2 və D_1 bağlı olduğundan C_3 kondensatorunu doldurur. Bu kondensatorun tutumu çox kiçik olduğu üçün tez boşalır və ondan axan cərəyan R_2 müqavimətinə və D_1 dioduna keçir. Odur ki, mənfi yarımperiodda düzlənərək iki yarımperiod düzlənmə şəklini alır. Beləliklə R_4 - müqavimətindən danma müsbət cərəyan axır.

Yuxarıda göstərdiyimiz hər iki sxemdə diodun demodulyasiya xüsusiyyətinə malik olduğu aşkara çıxarıldı. Son zamanlar demodulyasiya sxemlərində tranzistorlardan da istifadə olunur. Bu haqda gələcək bölmələrdə xüsusi qeyd olunacaqdır. Demodulyasiya əsasən amplituda üzrə yox, tezlik və faza üzrə də mümkündür. Bu cür demodulyasiyaların özlərinə müvafiq sxemləri mövcuddur. Biz çalışacağıq ki, gələcəkdə bu sxemlər haqqında ayrıca bir ədəbiyyat tərtib edək. Ancaq burada diod haqqında onun istifadə sxemləri haqqında kifayətlənmək olar. Odur ki, bu bölməni tamamlayıb növbəti əsas bölməyə - gücləndiricilər haqqında məlumatı oxucuların nəzərinə çatdırırıq.

III FƏSİL. ELEKTRON CİHAZLARININ GÜCLƏNDİRMƏ XÜSUSİYYƏTİ

§ 3.1. ÜÇ ELEKTRODLU ELEKTRON LAMPASI - TRİOD

İçerisində havası sovrulmuş anodla katodu arasında üçüncü elektrodu olan elektron lampasına triod deyilir. Üçüncü elektrod idarəetmə toru adlanır. Torə verilən gərginliyin qiymət və istiqamətdən asılı olaraq triod ya işləyir, ya da bağlı qalır. Əgər tor müsbət gərginliklə yüklənsə, onda katoddan çıxan elektronlar anoda doğru hərəkət edəcək. Bu gərginlik qiymətcə artırılrsa katoddan çıxan elektronların bir qismi torda qalacaq və anod cərəyanından başqa tor cərəyanı da əmələ gələcəkdir. Ancaq tor gərginliyi mənfə olarsa, katoddan çıxan elektronlar tor tərəfindən dəf olunduğundan anodda ya cərəyan olmayacaq, ya da çox az miqdarda olacaqdır. Eyni zamanda torun cərəyanı da olmayacaqdır.

Yuxarıda saydığımız xüsusiyyətlərinə görə periodda iki xarakteristika mövcuddur:

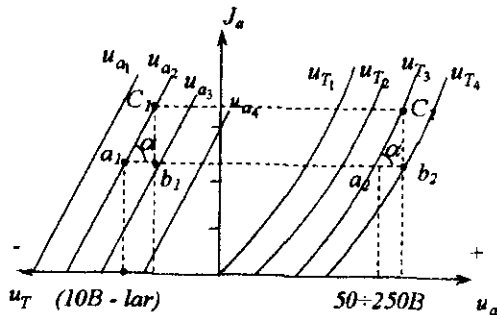
1. Anod – tor xarakteristikası

Bu, anod gərginliyinin sabit qiymətlərində anod cərəyanının tor gərginliyindən asılılığıdır, yəni $u_a = const$, $J_a = f(u_x)$.

2. Anod xarakteristikası

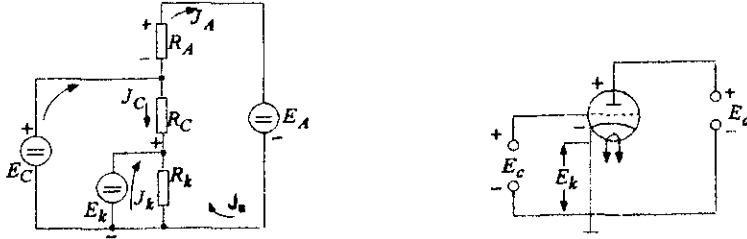
Tor gərginliyinin sabit qiymətlərində anod cərəyanının anod gərginliyindən asılılığıdır, yəni $u_T = const$, $J_a = f(u_a)$.

Aşağıdakı qrafikdə bu xarakteristikalar verilmişdir.



Xarakteristikalardan göründüyü kimi, tor gərginliyi adətən 10 V - a qədər mənfə qiymətdə, anod gərginliyi isə 250 V və 300 V - a kimi müsbət

qiymətdə tətbiq olunur. Triodun iş prinsipini araşdırmaqdan ötrü onun sxemə qoşulması və ekvivalent sxemini aşağıdakı şəkildə veririk:



Ekvivalent sxemə əsasən yazsaq bilərik ki,

$$E_a = J_a \cdot R_a + E_c + E_k \quad (1)$$

burada E_a - ümumi anod dövrəsinin gərginliyi, E_c - tor dövrəsinin, E_k isə katod dövrəsinin gərginliyidir. Cərəyanlara görə tənlik qursaq

$$J_a = J_c + J_k \quad (2)$$

Digər tərəfdən şəklə əsasən

$$E_c = J_c \cdot R_c - E_k$$

bunu (1) də yerinə yazsaq alarıq

$$E_a = J_a \cdot R_a + J_c \cdot R_c \quad (3)$$

Buradan anod cərəyanı

$$J_a = \frac{E_a - J_c \cdot R_c}{R_a} \quad (4)$$

alınar. Əgər biz qrafikə nəzər yetirsək görürük ki,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{c_1 b_1}{a_1 b_1} = \frac{c_2 b_2}{a_2 b_2}$$

hansı ki, burada $c_1 b_1 = c_2 b_2 = \Delta J_a$, $a_1 b_1 = \Delta u_c$ və $a_2 b_2 = \Delta u_a$ yazmaq olar, onda

$$\frac{\Delta J_a}{\Delta u_c} = \frac{\Delta J_a}{\Delta u_a} \quad (5)$$

və ya

$$\frac{\Delta u_c}{\Delta u_a} = 1$$

alınacaqdır. Bu asılılığa triodun daxili tənliyi deyilir. Yəni bu asılılıq onu göstərir ki, tor gərginliyi ilə anod gərginlik dəyişmələrinin ehtə qiyəmətləri mümkündür ki, bu halda onlar bir – birinə bərabər olsunlar. Bu hala triodun dinamik rejimi deyilir.

Əgər (3) ifadəsində $J_a = J_c$ götürsək onda

$$E_a = J_a (R_a + R_c) = J_a \cdot R_D \quad (6)$$

alınar. Hansı ki, $R_D = R_a + R_c$ - triodun daxili müqaviməti adlanır. Triodun daxili müqaviməti anod gərginlik dəyişməsinin anod cərəyan dəyişməsinə olan nisbətidir, yəni

$$R_D = \frac{\Delta u_a}{\Delta J_a}, \quad (7)$$

əgər $u_c = const$ olarsa, (5) ifadəsində

$$\frac{\Delta J_a}{\Delta u_c} = S \quad (8)$$

xarakteristikasının dikliyidir.

Göründüyü kimi xarakteristikasının dikliyi $S = \frac{1}{R_0}$ olur. Bundan başqa triodun gücləndirmə xüsusiyyətini xarakterizə edən gücləndirmə əmsalı vardır ki, aşağıdakı kimidir.

$$\mu = \frac{\Delta u_a}{\Delta u_c} \quad (9)$$

(5) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$\frac{\Delta J_a}{\Delta u_c} \cdot \frac{\Delta u_c}{\Delta J_a} = \frac{\Delta J_a}{\Delta u_a} \cdot \frac{\Delta u_a}{\Delta J_a}$$

Buradan

$$\frac{\Delta J_a}{\Delta J_a} = \frac{\Delta J_a}{\Delta u_c} \cdot \frac{\Delta u_c}{\Delta u_a} \cdot \frac{\Delta u_a}{\Delta J_a} = S \cdot \mu \cdot R_D \quad (10)$$

Yəni

$$S \cdot \mu \cdot R_D = 1 \quad (11)$$

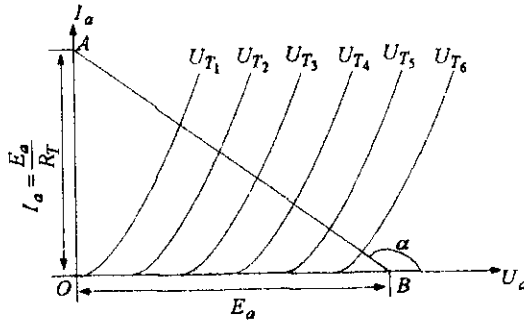
(11) ifadəsi (5) ifadəsinin daha geniş formasıdır. Bu düsturun köməyi ilə əgər iki kəmiyyət verilmiş olsa üçüncünü tapmaq olar.

Biz yuxarıda triodun əsas parametrlərini araşdırdıq. İndi də onun müxtəlif sxemlərdə gördüyü işləri nəzərdən keçirək.

§ 3.2. TRIODUN GÜCLƏNDİRMƏ XÜSUSİYYƏTİ

Triodun ekvivalent sxemini araşdırarkən gördük ki, anod cərəyanı anod gərginliyindən yox, tor gərginliyindən daha çox asılıdır. (4) ifadəsinə əsasən əgər tor cərəyanı J_c artmış olarsa, bu, $J_c \cdot R_c$ - hasilinin də artması deməkdir. Hansı ki, bu bilavasitə tor gərginliyi adlanır. Bu ifadədə kəsrin məxrəcində R_a - müqaviməti sabit qaldığından surətdə $E_a - J_c \cdot R_c$ münasibəti anod cərəyanının dəyişməsinə təsir edən amil sayılacaq. Əgər $E_a = const$ olduqda $J_c \cdot R_c$ - hasili artmış olarsa J_a - azalar; azalmış olarsa J_a - artar.

Triodun volt – amper xarakteristikasında (4) ifadəsini nəzərə alsaq aşağıdakı qrafiki almış olarıq.



Xarakteristikada AB xəttinin uzunluğu α - bucağından asılıdır. Əgər $\alpha = 180^\circ$ olarsa, onda $AB = BO$, yəni anod gərginliyi anod dövrəsinin gərginliyinə $E_a = u_a$ bərabər olacaqdır. Əksinə $\alpha = 90^\circ$ olarsa, onda $AB = \infty$, yəni anod cərəyanı sonsuzluğa bərabər olacaqdır. Qrafikə əsasən yazı bilərik, ki

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha) = \frac{E_a}{R_a \cdot E_a} = \frac{1}{R_a} \quad (1)$$

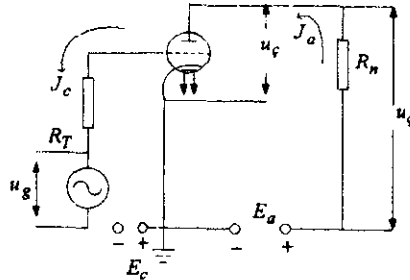
və ya $\operatorname{tg}\alpha = -\frac{1}{R_a}$. Buradan

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(-\frac{1}{R_a}\right) \quad (2)$$

Qrafikdə AB xətti yük xətti adlanır. Düsturdan görüldüyü kimi yük xəttinin mailliyi anod müqavimətinin qiymətindən asılıdır.

Nəticə olaraq bunu söyləmək olar ki, yük xəttinin vəziyyəti anod gərginliyinin və cərəyanının nə cür dəyişməsinə xarakterizə edir. Bu isə bilavasitə tor gərginliyinin qiymətindən asılıdır. Yəni yük xəttinin köməkliyi ilə tor gərginliyinin müxtəlif qiymətləri üçün anod gərginliyini və cərəyanını qrafikdən təyin etmək mümkündür.

Triodun bu xüsusiyyəti ondan gücləndirmə sxemində istifadə olunmasına şərait yaradır. Sadə gücləndirmə sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Göründüyü kimi tor gərginliyi dəyişən sinusoidal gərginlikdir. Bundan başqa tora E_c - mənbəyindən mənfi gərginlik də verilir. Bu gərginliklər R_T - toplayıcı müqavimətində toplanır. Qeyd etmək lazımdır ki, sabit gərginliklə dəyişən gərginlik arasında $E_c \geq u_M$ münasibəti ödənilməlidir. Belə olan halda bu tor gərginliyinin daima mənfi qiymətdə olmasını təmin edir ki, bu da lampının dayanıqlı işləməsinə səbəb olur. Çünki dəyişən gərginliyin müsbət yarımperiodu gələndə $E_c - u_M$, mənfi yarımperiodu gələndə isə $E_c + u_M$ olur. Odur ki, tor gərginliyi daima mənfi qiymətlərdə olur. Anod cərəyanı və gərginliyi isə tor gərginliyinə müvafiq olaraq dəyişən və sabit toplananlı olur, yəni

$$J_a = J_{\infty} + J_{\omega} = J_M \cdot \sin \omega t + J_{a0}$$

və ya

$$u_a = u_{\infty} + u_{\omega} = u_M \cdot \sin \omega t + u_{a0} \quad (3)$$

Digər tərəfdən sxemə əsasən yazıla bilər ki,

$$u_a = E_c - J_a \cdot R_n \quad (4)$$

(3) ifadəsindən

$$u_{a0} = u_a - u_M \cdot \sin \omega t = E_c - J_a R_n - u_M \cdot \sin \omega t \quad (5)$$

İfadədə olan $J_a \cdot R_n = u_\varphi$ çıxış parametri olduğu üçün onu aşağıdakı kimi hesablamaq olar.

$$u_\varphi = E_a - u_M \cdot \sin \omega t - u_{a_0} = E_a - (u_M \cdot \sin \omega t + u_{a_0}) = E_a - J_a R_a \quad (6)$$

Giriş gərginliyi isə sxemə əsasən

$$u_g = E_c - J_c \cdot R_T \quad (7)$$

(6) ifadəsini (7) -yə bölək, onda

$$\frac{u_\varphi}{u_g} = \frac{E_a - J_a R_a}{E_c - J_c R_T} = \frac{E_a - u_a}{E_c - u_c} \quad (8)$$

(8) ifadəsinin hər tərəfini u_c -yə bölək və vuraq, onda

$$\begin{aligned} \frac{u_\varphi}{u_g} &= \frac{E_a - u_a}{E_c - u_c} \cdot \frac{u_c}{u_c} = \frac{E_a - u_a}{u_c} \cdot \frac{u_c}{E_c - u_c} = \frac{u_c}{u_c} \cdot \frac{u_c}{E_c - u_c} = \\ &= \frac{E_a - \mu}{u_c} = \frac{(E_a - \mu u_c) u_c}{u_c (E_c - u_c)} = \frac{E_a - \mu u_c}{E_c - u_c} \end{aligned} \quad (9)$$

(9) ifadəsində əgər $u_c = 0$ olarsa, onda

$$\frac{u_\varphi}{u_g} = \frac{E_a}{E_c} > 1 \quad (10)$$

olar. Bu o deməkdir ki, $u_\varphi > u_g$. Bu, triodun gücləndirmə xüsusiyyətini əks etdirir. (9) ifadəsində μ - ədədi gücləndirmə əmsalı adlanır. Onun qiyməti $\mu = 10 \div 30$ götürülür. u_c - nin qiyməti mənfii olduğu üçün düstur aşağıdakı kimi yazılmalıdır:

$$\frac{u_\varphi}{u_g} = \frac{E_a + \mu u_c}{E_c + u_c} \quad (12)$$

(4) ifadəsinə görə əgər biz R_n müqavimətini artırıbsaq, onda u_a - gərginliyi azalmağa başlayacaqdır. Bu da onu göstərir ki, triodun gücləndirmə xüsusiyyəti azalmağa başlayacaq. Bunu nəzərə alıb R_n - müqavimətinin qiymətini triodun ümumi daxili müqavimətinin 2÷5 misli qədər götürmək lazımdır, yəni $R_n = (2 \div 5) R_D$.

İlk baxımda triodun gücləndirmə xüsusiyyəti elə görünə bilər ki, o ancaq gərginliyi gücləndirir. Buna görə də trioddan istifadə etmək məqsədə uyğun

olmaz. Çünki gərginliyi transformator da gücləndirə bilər. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, transformator gücü gücləndirə bilmir. Bu işin öhdəsindən triod çox gözəl gəlir. Belə ki, o, dəyişən gücü daha yaxşı gücləndirə bilir. Çünki dəyişən cərəyanın gücü elektrik rəqslərinin gücüdür. Yəni triod elektrik rəqslərini daha yaxşı gücləndirir. Bu xüsusiyyətindən istifadə edərək triodu rəqs generatorlarında da tətbiq etmək olar. Hansı ki, bu haqda gələcəkdə xüsusi qeyd olunacaqdır.

Triodun iki əsas çatışmayan cəhətini qeyd edək:

1. Gücləndirmə əmsalının çox aşağı olması

Bu, torun müəyyən qədər idarəçiliyinin zəif olmasından irəli gəlir. Belə ki, güclü anodun yaratdığı elektrik sahəsinin təsiri ilə torun buraxmadığı bir çox elektronlar onun deşiklərindən keçərək anoda doğru gedirlər. Bu zaman anod cərəyanı çoxalır və nəticədə Volt – amper xarakteristikasının dikliyi artır və nəticədə anod gərginliyi azalır. Əgər torun deşiklərinin sayını azaltsaq, onda lampa tamamilə bağlana bilər. Odur ki, trioddan gücləndirmə əmsalı kiçik tələb olunan sxemlərdə istifadə olunur.

2. Triodun elektrodları arasında yaranan tutum

Bu tutum üç cür olur:

I anodla katod arasındakı tutum $S_{a,k}$ - buna çıxış tutumu,

II torla – katod arasındakı tutum $S_{t,k}$ - buna giriş tutumu,

III anodla – tor arasındakı tutum $S_{a,t}$ - bu isə keçid tutumu adlanır.

Bunlardan başqa, lampanın əsasının elektrodların çıxışları arasında qalan hissəsinin də tutumu mövcuddur ki, bu çox kiçik olduğundan nəzərə alınmır. Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda saydığımız tutumlar çox kiçik pikofaradlarla ölçülməsinə baxmayaraq, onlar lampanın işinə hiss olunacaq dərəcədə təsir göstərirlər. Məsələn, əgər giriş tutumu çox olarsa, onda giriş

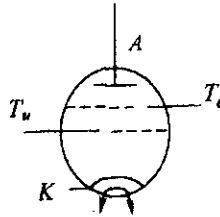
müqaviməti $x_c = \frac{1}{S_{t,k}}$ olduğundan azalacaqdır. Bu isə cərəyanın artmasına

səbəb olur ki, nəticədə də çıxış cərəyanının azalması baş verir. Bu və digər elektrodlar arasındakı tutumları azaltmaqdan ötrü triodun konstruksiyalarında müxtəlif dəyişikliklər edilir. Bundan başqa elektron lampaları çox elektrodlu istehsal olunur ki, bunları növbəti paragrafda araşdırırıq.

§ 3.3. ÇOX ELEKTRODLU ELEKTRON LAMPALARI

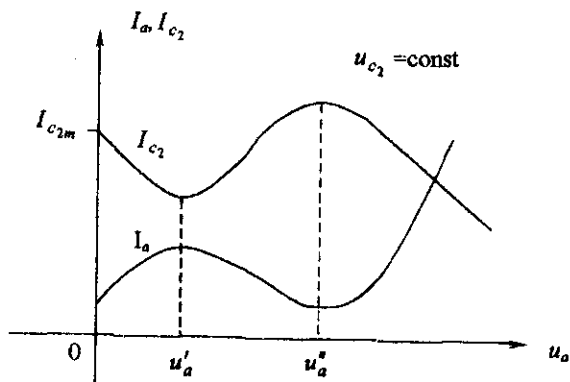
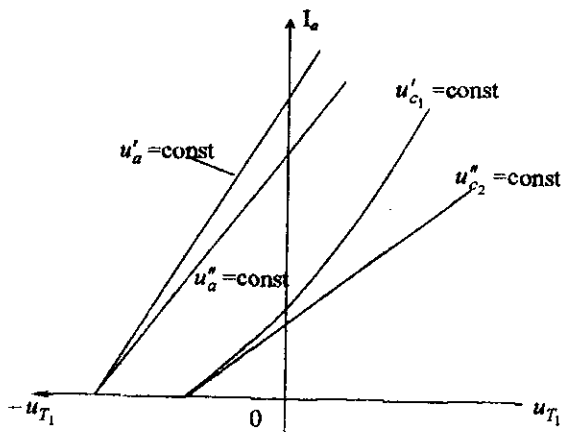
Elə sxemlər mövcuddur ki, onlarda bir neçə funksiyanın yerinə yetirmək lazım gəlir və yaxud hər hansı bir funksiyanı dəqiqliklə həyata keçirmək qarşıya qoyulur. Belə olan hallarda elektron lampaları dörd, beş və daha çox elektrodlu istehsal olurlar.

1) Tetrod – bu dörd elektrodlu elektron lampalarıdır. Dördüncü elektrod idarəedici torla anod arasında yerləşdirilir. Buna ekranlaşdırıcı tor deyilir. Katoda görə müsbət yüklənmiş və anod gərginliyindən qiymətə müəyyən qədər aşağı qiymətdə gərginlik tətbiq olunur. Bu elektrodun əlavə edilməsi trioddan olan iki çatışmamazlığın, gücləndirmə əmsalının aşağı olması və keçid tutumunun qarşısını alır. Ekranlaşdırıcı elektrodun fiziki mahiyyətini aşağıdakı kimi izah etmək olar.



Triodun iş prinsipini araşdırarkən göstərmişdik ki, əgər anod gərginliyini artırıbsaq anodla katod arasında elə elektrik sahəsi əmələ gəlir ki, bu sahənin təsiri ilə bütün elektronlar anoda doğru hərəkətə gəlir və torun yaratdığı mənfi potensial baryeri dəf edirlər. Nəticədə torun idarəetmə xüsusiyyəti aşağı düşür. Bu isə triodun gücləndirmə prosesinə mənfi təsir göstərir. Bunun qarşısını almaqdan ötrü tetrodda müsbət potensiala malik olan ekranlaşdırıcı tor anod tərəfindən cəzb olunan elektronların müəyyən qədərini udur. Bu zaman idarəedici tor öz işinin öhdəsindən gəlməyə başlayır ki, bu da tetrodun trioda nisbətən gücləndirmə əmsalının artmasına səbəb olur. Ekranlaşdırıcı torun olması eyni zamanda anodla idarəedici tor arasındakı tutumunda azalmasına səbəb olur. Əgər ekranlaşdırıcı tor tor şəkilində deyil, bütöv şəkildə olsa bu zaman keçid tutumunu sıfıra bərabər etmək olar. Lakin bu halda lampa işləməz. Odur ki, ekranlaşdırıcı tor məhz tor şəklində hazırlanır. Nəticədə isə tetrodda keçid tutumu çox kiçik pikofaradlara malik olur.

Tetrodun xarakteristikaları aşağıdakı qrafiklərdə göstərilmişdir.



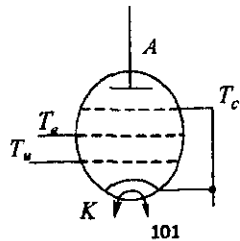
Birinci qrafikdə $I_a = f(u_{c1})$ xarakteristikası yəni anod – tor xarakteristikası verilmişdir. Bu qrafikdə anod və ikinci torun gərginliyi sabit qaldıqda anod cərəyanının idarəedici torun gərginliyindən asılılığı göstərilmişdir. İkinci qrafik isə $I_a = f(u_a)$ və $I_{c2} = f(u_a)$, yəni anod və ekranlaşdırıcı torun cərəyanının anod gərginliyindən asılılıq xarakteristikaları verilmişdir. Birinci asılılıqdan görünür ki, anod gərginliyinin dəyişməsi

xarakteristikanın sət dəyişməsinə səbəb olmur. Lakin ekranlaşdırıcı torun gərginliyinin dəyişməsi isə qrafikdə əsaslı dəyişikliyin yaranması ilə nəticələnir. Yəni, əgər $u'_a > u''_a$ olarsa $u'_{c_2} > u''_{c_2}$ olur. Lakin $u'_a - u''_a < u'_{c_2} - u''_{c_2}$ münasibəti əmələ gəlir. Yəni ekranlaşdırıcı torun gərginliyi artdıqca qrafik sağdan sola sürüşür. Bu isə tetrodun işçi zolağının trioda nisbətən geniş olmasını göstərir.

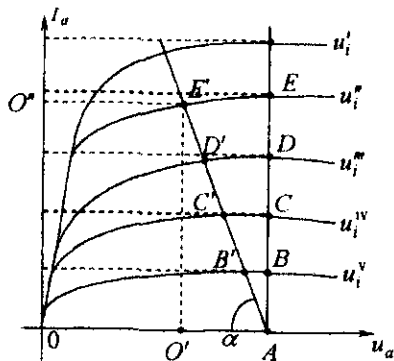
İkinci qrafikdə anod xarakteristikası idarə torunun gərginliyinin sabit qiymətlərində göstərilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi anod gərginliyi sıfıra bərabər olduqda ekranlaşdırıcı torda cərəyan maksimum qiymətə çatır. Anod gərginliyini artırdıqda elektronlar artıq ekranlaşdırıcı tora yox, anoda doğru hərəkət edəcək və anod cərəyanı artmağa başlayacaq. Ekranlaşdırıcı torun cərəyanı isə azalmağa başlayacaq. Anod gərginliyinin müəyyən u'_a qiymətinə qədər bu hal davam edir. Bundan sonra isə proses əksinə davam edir. Yəni ekranlaşdırıcı torun cərəyanı artmağa, anod cərəyanı isə azalmağa başlayır. Bunun səbəbi elektronların anod səthini bombardman etməsi nəticəsində oradan qoparılan digər elektronların ekranlaşdırıcı tora doğru hərəkət etməsi və onun tərəfindən udulmasıdır. Bu hadisəyə dinotron effekti deyilir. Yenidən anod gərginliyinin qiymətini artırdıqda və bu gərginlik müəyyən həddə u''_a qiymətinə çatdıqda dinotron effekti başa çatır. Çünki bu zaman anod tərəfindən buraxılan elektronlar artıq ekranlaşdırıcı tora yox elə anodun özünə qayıdır. Bu isə anod cərəyanının artmasına ekranlaşdırıcı tor cərəyanının azalmasına səbəb olur.

Tetrod lampasında dinotron effektinin yaranması onun gücləndirmək xüsusiyyətini qeyri-səlis şəkildə salır. Bu səbəbdən də bu lampalar dinotron effektindən ya aşağı, ya da yuxarı səviyyələrdə gücləndirmə gedən sxemlərdə istifadə oluna bilərlər.

2) Pentod – beş elektrodlu elektron lampasıdır. Tetrodda olan dinotron effektini aradan qaldırmaqdan ötrü ekranlaşdırıcı torla anod arasına bir tor da əlavə olunur ki, buna antidinotron və qoruyucu tor deyilir.



Bu tor katodla birləşdiyi üçün mənfi yüklənir. Odur ki, anoddan çıxan elektronlar ekranlaşdırıcı tora doğru hərəkət edə bilmirlər. Onlar anod, antidinotron toru arasında yaranmış elektrik sahəsinin təsiri ilə anoda doğru qayıdırlar. Bunun nəticəsidir ki, anod gərginliyini çox artırmadan anod cərəyanını artırmaq mümkün olur. Ümumiyyətlə isə bu, pentodun gücləndirmə əmsalinin çox olması deməkdir. Anod cərəyanının artması isə öz növbəsində anod tor xarakteristikasının dikliyinin artması ilə nəticələnir. Anod dövrəsində hər hansı yük qoşulduqda bu yükə düşən gərginlik düşgüsü anod gərginliyinin azalmasına səbəb olur. Pentodun anod xarakteristikasına nəzər yetirsək görərik ki, anod dövrəsinə qoşulmuş yükün dinamik xarakteristikası yükün quymətindən asılı olaraq y oxunun üzərinə düşür.



Qrafikə əsasən hər hansı u_i - idarəedici gərginliyə uyğun olan $J_a = f(u_a)$ xarakteristikasının müəyyən R_n - yük müqavimətinə görə qurulmuş dinamik xarakteristika ilə kəsişdiyi E' nöqtəsi y və x oxlarında koordinatlar əmələ gətirir. Bunlar y - oxunda OO' , x - oxunda OO' - qiymətləridir ki, bu qiymətlər də uyğun olaraq J_a və u_a - ya bərabərdirlər. $\Delta O'E'A$ - dan $\sin \alpha = \frac{O'E'}{E'A}$. Burada $O'E' = J_a$, $E'A = R_n$, onda $\sin \alpha = \frac{J_a}{R_n}$. İndi əgər $\alpha = 0$ olarsa, yəni $J_a = R_n \cdot \sin \alpha = 0$. Bu deməkdir ki, yük müqaviməti yoxdur və anod dövrəsi açıq qalıb. Bu zaman ancaq anod gərginliyi mövcud olur. Yəni $u_a = OA$. İkinci halda əgər $\alpha = 90^\circ$ olarsa, onda $J_a = R_n$ alınır. Bu o deməkdir ki, anod dövrəsi qısa qapanmışdır. Bu zaman anod gərginliyi

dəyişməz qalır. Cərəyan isə maksimum qiymətə, əlbəttə ki, idarəedici torun gərginliyinin qiymətinə uyğun olaraq çətir. Göründüyü kimi hər iki halda yük müqaviməti olmur. Lakin hər iki halda anod gərginliyi dəyişməz qalır. İndi anod dövrəsinə hər hansı yük qoşulmuş olsa onda, anod gərginliyi iki OO' və $O'A$ hissələrinə ayrılır ki, bunlardan biri yükdə düşən gərginlik, yəni $O'A$, digəri isə anod gərginliyidir. Ümumi dövrənin gərginliyi

$$E_a = u_a + J_a \cdot R_n \quad (1)$$

olar və ya

$$OA = OO' + O'A = u_a + R_n \cdot \cos \alpha.$$

R_n müqaviməti artarsa α bucağı kiçiləcək və u_a gərginliyi də artacaq. Bunun üçün (1) ifadəsindən anod gərginliyini tapırıq

$$u_a = E_a - R_n \cdot \cos \alpha$$

$E_a = \text{const}$ sabit dəyişməyən gərginlikdir. Deməli, dəyişən R_n , α və bunlara görə də u_a olur.

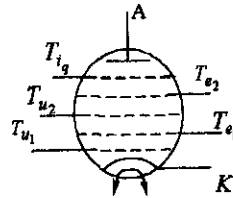
Misal. $E_a = 260V$, $u_i = -0,5V$ olarsa pentodun anod xarakteristikasından yük müqavimətinin qiymətini tapın. Xarakteristikada yük xətti $-0,5V$ - luq idarəedici gərginliyi olan pentodun $J_a = f(u_a)$ qrafikini $J_a = 14A$ - də kəsir. Buna uyğun gərginliyin qiyməti $u_a = 150V$ - dur, onda

$$R_n \cdot \cos \alpha = E_a - u_a = 260V - 150V = 110V = u_n$$

Onda

$$R_n = \frac{u_n}{J_a} = \frac{110}{14 \cdot 10^{-3}} = 7857 \text{ OM.}$$

3) Hentod- bu, yeddi elektrodlu elektron lampasıdır. Bu lampada iki idarəedici, iki ekranlaşdırıcı, bir qoruyucu tor vardır. Lampanın sxemi aşağıdakı kimidir.



Hentod lampasının yaradılmasının əsas məqsədi iki tezliyə malik idarəedici cərəyanla anod cərəyanını idarə etmək olmuşdur. Məsələn, əgər T_{i_1} - ə f_1 tezlikli, T_{i_2} - ə f_2 tezlikli cərəyanlar tətbiq etsək bu zaman anod cərəyanı $f_1 + f_2$ və ya $f_1 - f_2$ kimi kombinə olunmuş tezlikli idarə cərəyanı ilə idarə olunacaq.

Hentodu, eyni zamanda biri – digərinə ardıcıl qoşulmuş triod və pentod kimi də təsəvvür etmək olar. Burada T_{i_1} və T_{e_1} triod kimi işləyir. T_{e_1} , T_{i_2} , T_{e_2} və T_q - isə pentod kimi işləyir. T_{e_1} həm triodun anodu, həm də pentodun katodu rolunu oynayır.

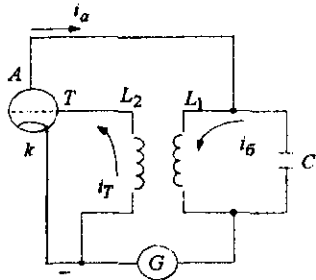
Qeyd etmək lazımdır ki, elektron lampaları həm də iki və üç funksiyanı eyni vaxtda yerinə yetirə bilirlər. Belə lampalara misal olaraq ikiqat diodu, ikiqat triodu, diod – pentodu, ikiqat diod – pentodu və s. göstərmək olar. Bu lampaların bəziləri haqqında gələcək paragraflarda xüsusi məlumat veriləcəkdir.

Biz elektron lampalarının düzləndirmə və gücləndirmə xüsusiyyətləri ilə tanış olduq. İndi isə onların generator kimi işləmə prinsiplərinə baxaq.

§ 3.4. ELEKTRON LAMPALARININ GENERATOR VARIANTI

Adətən generator dedikdə, mexaniki hərəkət zamanı əmələ gələn elektrik enerjisini istehsal edən bir qurğu nəzərdə tutulur. Lakin elə sistemlər mövcuddur ki, onlarda mexaniki hərəkət olmadan elektrik və maqnit sahələrinin bir – birinə çevrilməsi prosesi gedir. Belə sistemlərə misal olaraq sadə rəqs kontrunu göstərmək olar. Sadə rəqs konturu bir – birinə paralel birləşmiş kondensator və sarğacdən ibarətdir. Əgər biz bu rəqs konturunu paralel olaraq hər hansı bir gərginlik mənbəyinə qoşsaq bu zaman ilk növbədə kondensator dolacaqdır. Kondensator dolana qədər konturdan müəyyən cərəyan axacaq ki, bu cərəyan həm də sarğacdən axdığı üçün onda maqnit sahəsi əmələ gələcək. Kondensator dolub qurtarandan sonra cərəyan axını kəsiləcəkdir. Bundan sonra həmin konturu gərginlik mənbəyinə qoşulu vəziyyətdə saxlamağın mənası yoxdur. Elə ki, kontur mənbədən açıldı – kondensator boşalmağa və yenidən konturdan cərəyan axmağa başlayır. Bu cərəyan kondensator da elektrik sahəsinin təsiri ilə yaranır. Sarğacdən cərəyan axan zaman yenə də onda maqnit sahəsi əmələ gəlir. Göründüyü kimi

kondensator həm dolan, həm də boşalan zaman sarğacda maqnit sahəsi yaradır ki, bu maqnit sahəsi sistemin dayanıqlılığını itirərək konturu söndürür. Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz prosesə elektromaqnit rəqslərini yaranması hadisəsi deyilir. Hərçənd ki, bu hadisə sönmən elektromaqnit rəqsləri adlanır. Texnikada sönmən elektromaqnit rəqslərin heç bir faydası yoxdur. Bunu nəzərə alıb sönməyən və ya məcburi elektromaqnit rəqslərinin yaratmaq lazım gəlir. Əgər biz kontura paralel olaraq triod lampası qoşsaq bu zaman triod periodik olaraq konturu sönməyə qoymaz və o, elektromaqnit rəqslərinin generatoru olar. Sadə elektromaqnit rəqs generatorunun sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemin işləməsi aşağıdakı kimidir. Elektron lampasının katodu elektron buraxır. Bu elektronlar toru keçib anoda çatırlar. Anod tərəfindən cəzb olunmuş elektronlar anod cərəyanı şəklində L_1C konturuna daxil olur və C - kondensatorunu doldururlar. Eyni zamanda L_1 sarğacından da cərəyan axır. Kondensator dolandan sonra ani bir müddətdə cərəyan axını kəsilir. Sonra isə bu cərəyan kondensatorun boşalması ilə əks istiqamətdə axır. Nəticədə L_1 və L_2 sarğaclarında maqnit induksiyası əmələ gəlir ki, bu da nəticədə L_2 sarğacından cərəyan axınına səbəb olur. Odur ki, torda müəyyən qədər gərginlik düşgüsü əmələ gəlir ki, bu da lampanı açır. Açılmış lampada isə yenidən anod cərəyanı əmələ gəlir və bu cərəyan yenidən konturdan axıb kondensatoru doldurur. Bu proses periodik olaraq davam etdiyindən L_1C konturunda əmələ gələn elektromaqnit rəqsləri sönmür. Hər dəfə kondensatorun dolub boşalması zamanı baş verən enerji itgisinin yerini isə G gərginlik mənbəyi ödəyir. Sxemdə triod elektromaqnit rəqslərinin sönməməsini təmin edən açar rolunu da oynayır. Çünki kondensatorun dolması ilə boşalması arasındakı keçən müəyyən zaman fasiləsində triod

işləmir. O səbəbdən də L_2 sarğacında cərəyan olmur və lampanın toru mənfi yüklənmiş olur. Tor gərginliyinin müsbət və mənfi yüklənməsi L_2 sarğacından axan i_T cərəyanının istiqamətə dəyişməsi ilə müşahidə olunur. Bu cür halda cərəyanın müəyyən tezliyə malik olması əvvəlki paragraflarda (§3.2) söylədiyimiz kimi trioddə elektrodlar arasında tutum müqaviməti əmələ gətirir ki, bu da lampanın konstruktiv dağılmasına gətirib çıxarır. Eyni zamanda anod cərəyanının azalmasına səbəb olur ki, bu, L_1C konturunun normal işləməsinə mane olur. Bunun qarşısını almaq və daha yüksək tezlikli rəqs konturlarını işlətməkdən ötrü triod lampası xüsusi konstruksiya ilə hazırlanırlar.

§ 3.5. DAHA YÜKSƏK TEZLİKLİ LAMPALI GENERATORLAR

Bilirik ki, sadə rəqs konturunun məxsusi tezliyi

$$\omega_0 = 2\pi f \quad (1)$$

digər tərəfdən

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

(1) və (2) bərabərliyindən

$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f^2} \quad (3)$$

alınar. Buradan belə nəticə çıxartmaq olar ki, tezlik artdıqca konturun parametrləri kvadratik olaraq kiçilir. Bu xüsusiyyətdən istifadə edib yüksək tezlikli rəqs konturlarının idarəetmə sistemi olan elektron lampalarını, xüsusi metalo-keramik və şüşəli konstruksiya şəklində hazırlayırlar. Hansı ki, burada konturun kondensator hissəsi lampanın elektrodları arasında əmələ gələn tutum müqaviməti olur. İnduktivliyi isə dəyişən xarakterli olub sonu qısa qapanan uzun xətlərdir. Bu xətlər paralel olub müəyyən l uzunluğuna malik olurlar. Həmin bu uzunluğu dəyişməklə induktivliyi dəyişmək olur. Bu xətlərin girişindəki gərginlik

$$U_1 = 2U_m \cos(\omega t) \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \quad (4)$$

xətlərdən axan cərəyan isə

$$J_1 = 2J_m \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l (\omega t + 90^\circ) \quad (5)$$

$t = 0$ şərtini qəbul etdikdə

$$U_1 = 2U_m \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \quad (6)$$

$$J_1 = 2J_m \cdot \cos \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \quad (7)$$

alınacaqdır. (6) və (7) bərabərliklərini tərəf-tərəfə bölsək xəttin müqavimətini almış olarıq.

$$z_1 = \frac{U_m}{J_m} \cdot \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \quad (8)$$

İfadədə $\frac{U_m}{J_m} = Z_D$ - dalğa müqaviməti olub aktiv xarakter daşıyır.

$Z_1 = \omega L$ xəttin induktiv müqavimətidir. Onda

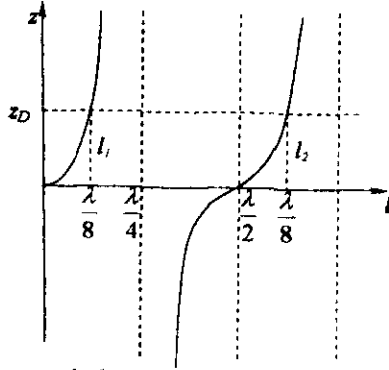
$$L = \frac{z_D}{\omega} \cdot \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \quad (9)$$

Bu ifadədə iki dəyişən kəmiyyət var. ω - konturun tezliyidir. Onun qiyməti $\omega = 2\pi f$ kimi hesablanır. İkinci isə l - uzunluğudur. Bu uzunluğu mexaniki olaraq dəyişməklə konturda tezliyin müxtəlif səbəblərdən dəyişməsinə tənzimləmək olur. Yəni konturda rezonans halını saxlamaq olur. Məsələn, $l = \frac{\lambda}{8}$ olarsa, onda $L = \frac{z_D}{\omega}$. Bu hal generatorun ən optimal rejimi

adlanır. Əgər $\lambda = \frac{v_c}{f}$ olduğunu və $f = 1000 \text{ Mhz}$ nəzərə alsaq, yəni dalğalar desimetrik olarsa, onda xətlərin uzunluğu aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\lambda = \frac{v_c}{8f} = \frac{3 \cdot 10^8}{8 \cdot 1000 \cdot 10^6} = \frac{3}{80} = 0,0375 \text{ m} = 3,75 \text{ sm}$$

Yuxarıda söylədiklərimizi aşağıdakı qrafikdə nəzərdən keçirək.



(8) ifadəsində rezonans halı üçün yazmaq olar ki,

$$z_l = \frac{1}{\omega c}$$

onda

$$\frac{1}{\omega c} = z_D \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} l$$

Buradan

$$l = \frac{\lambda}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{1}{\omega c z_D} \quad (10)$$

(10) ifadəsi rezonans uzunluğu adlanır ki, bu ifadənin qrafiki təsviri yuxarıdakı şəkildə göstərilmişdir. Ancaq burada bir şeyi nəzərə almaq lazımdır ki, o da tutumun dəyişməsinin xəttin uzunluğuna təsirindən ibarətdir. Yəni tutumun hər hansı bir qiymətdə olduğu halda xəttin uzunluğunu dəyişməklə ikinci rezonans halı alınır. Qrafikə əsasən II rezonans uzunluğu

$$l = l_1 + \frac{\lambda}{2} \quad (11)$$

kimi hesablanacaq. (10) ifadəsinə əsasən isə bu hala uyğun gələn tutum

$$c = \frac{1}{\omega z_D \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l} \quad (12)$$

kimi hesablanacaq. Yəni $\frac{\lambda}{8}$ rezonans halında

$$c = \frac{1}{\omega z_D} \quad (13)$$

Beləliklə, bu halı c -yə müxtəlif qiymətlər verməklə təkrar etmək olar. Ancaq bu zaman rezonans xəttinin uzunluqları aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$l_1; \quad l_2 = l_1 + 2\frac{\lambda}{2}; \quad l_3 = l_1 + 3\frac{\lambda}{2}, \dots, l_n = l_1 + n\frac{\lambda}{2}.$$

Bu ifadələrdən belə nəticə çıxır ki, xətlərin uzunluğunu konstruktiv olaraq dəyişməklə induktivliyi dəyişmək olar. Bu ancaq dalğa uzunluğunun qiymətini dəyişmədən də mümkündür. Bu cür hallardan müasir radiolokasiya qurğularında daha geniş istifadə olunur ki, bu cihazlar haqqında geniş izahat veriləcəkdir.

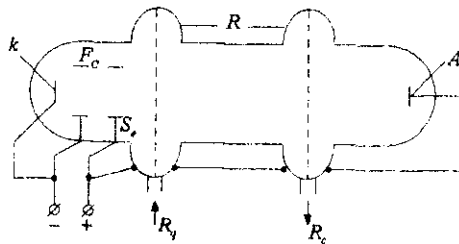
§ 3.6 İKİQAT KONTURLU KLİSTRON

Lampalı generatorun iş prinsipinə diqqətlə nəzər yetirdikdə görmək olar ki, tezlik artdıqca anod cərəyanının qiyməti azalmağa başlayır. Belə ki, bu anod cərəyanı əsasən kondensatordan və induktivlikdən axdığı üçün onun qiyməti aşağıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$J_a = \frac{u_a \omega C}{\omega^2 LC - 1} \quad (1)$$

Bu ifadədə L və C - nin qiymətini dəyişmədikdə belə ω - nin qiyməti artmış olsa, onda J_a - nin qiyməti azalacaq. Bunu aşağıdakı kimi izah etmək olar. Əgər tezlik artarsa lampanın toruna tətbiq olunan cərəyanın periodu kiçiləcəkdir. Nəticədə torun açıq olma müddəti qısa olduğundan onun katoddan çıxan elektronlarının çox hissəsini buraxması qeyri - mümkün olacaqdır. Odur ki, anoda gedən elektronların sayı azalacaq ki, bu da anod cərəyanının azalmasına gətirib çıxaracaq. Anod cərəyanı da öz növbəsində kondensatorun dolmasını tamamilə təmin etməyəcək, bu isə yenidən tor cərəyanının azalması və torun elektron buraxıcılıq qabiliyyətinin pisləşməsi ilə nəticələnir. Bu çatışmamazlıqları aradan qaldırmaqdan ötrü ikiqat kontur metodundan istifadə olunur. Bu metodun əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, iki triod lampası kontura elə qoşulur ki, bu lampaların anod cərəyanları konturda birləşirlər. Ancaq burada birləşən cərəyanlar faza etibarlı ilə bir - birindən fərqləndiyi üçün müəyyən yerdə toplaşsınlar, müəyyən yerdə isə çıxırlar. Əlbəttə ki, sinusoidalın tək harmoniyaları toplanacaq, cüt harmoniyalar isə çıxılacaqdır. Yəni birinci halda rəqsin generasiya gücü iki

dəfə artacaq. İkinci halda isə sifra bərabər olacaqdır. Burada lampaların torları konturun kondensatoru ilə ardıcıl qoşulduğundan ümumi tutumu azaltmaq olur. Ancaq induktivliyi azaltmaqdan ötrü isə onun sarğılarını azaltmaq və ya bir – birinə paralel çoxlu sarğı qoşmaq lazım gəlir. Bu deyilənləri həyata keçirməkdən ötrü iki konturlu klistron lampaları istehsal olunur ki, burada elektron lampası ilə rəqs konturu bir konstruksiya daxilində olur. Klistronun sxemi və iş prinsipi aşağıdakı kimidir:



Lampanın sol tərəfində elektron proyektoru yerləşir. Elektron proyektoru K -katodundan, F_C -foklaşdırıcı elektrodan və S_C -sürətləndirici elektrodan təşkil olunmuşdur. Katod və foklaşdırıcı elektrod mənfi yüklənmişdir. Sürətləndirici və anod isə müsbət yüklənir. Lampanın orta hissəsində bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşən iki həcmi rezonator yerləşir. Həcmi rezonatorlar mahiyyət etibarı ilə halqavari şəkildə bir – birinə paralel birləşmiş sarğılardan ibarətdir ki, bu rezonatorların da induktivliyi çox kiçik olur. Lampanın sağ hissəsində isə anod yerləşir. Həcmi rezonatorlar R_g giriş və R_v - çıxış rezonatorlarına ayrılırlar. Beləliklə, lampada induktivlik rolunu həcmi rezonatorlar, tutum rolunu isə rezonatorun lövhələri oynayır.

Mənfi yüklənmiş katod elektron şüalandırır. Foklaşdırıcı elektrod da öz növbəsində mənfi yükləndiyindən elektronları müəyyən istiqamətə itələyir. İtələnmə nəticəsində müəyyən sürət almış elektronlar sürətləndirici elektrod tərəfindən cəzb olunurlar. Nəticədə onlar bir az da sürət alıb lampanın daxilinə doğru hərəkət edirlər. Bu zaman onlar birinci giriş rezonatorunun əhatə dairəsinə daxil olurlar. Birinci rezonatorun girişinə müəyyən tezliyə malik gərginlik tətbiq olunur ki, bu da onun lövhələri arasında elektrik sahəsinin yaranmasına səbəb olur. Elektronlar bu sahəyə düşdükdə sahənin təsiri ilə ya tormozlanırlar, ya da sürətlənirlər. Sürətlənmiş elektronlar digər az sürətli və tormozlanmış elektronları keçərək, ikinci rezonatora doğru hərəkət

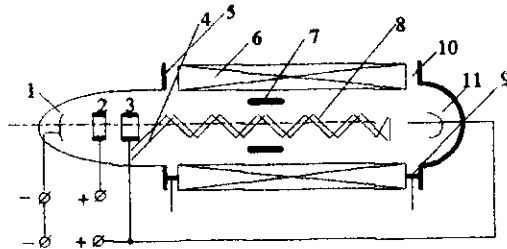
edirlər. Tormozlaşmış elektronlar isə müəyyən qədər birinci rezonatorun keçərək bir yerə toplanırlar və birinci rezonatorun tezliyinə uyğun rəqs edirlər. Bu hal müəyyən intervallarla baş verir. Sonra isə ikinci rezonatorla həmin tezliyə uyğun modulyasiya yaradır. Yəni bu rezonator bir növ tormozlaşmış elektronlar xas olan enerjini udur. Odur ki, ona uducu və ya çıxış rezonatoru deyilir. Elektron selinin çıxış rezonatorunda udulması prosesi dənizdə dalğaların udulmasına bənzəyir ki, məhz cihazın adı - *klistron* buradan götürülmüşdür.

Beləliklə, klistron lampasının işinə nəzər yetirdikdə görmək olar ki, o müəyyən tezliyə malik elektromaqnit dalğalarını daha çox səviyyədə gücləndirmək xüsusiyyətinə malikdir. Lakin bu lampanın bir çatışmayan cəhəti vardır ki, o da tezliyin tənzim olunmamasıdır. Yəni rezonatorlar əvvəldən müəyyən tezlikdə kökləndiyindən ancaq həmin tezlikli dalğaları gücləndirmək olar. Bu cür çatışmazlıqları aradan qaldırmaqdan ötrü son zamanlar tezliyi geniş diapazonda tənzimləyən elektron cihazları istehsal olunur, hansı ki, onlar haqqında xüsusi qeyd olunacaq.

§ 3.7. QAÇAN DALĞALI GENERATORLAR – MAQNETRON

İki sonlu düz xəttin (əlbəttə ki, elektromaqnit dalğası daşıyan düz xəttin) axırına elə müqavimət qoşmaq olar ki, bu müqavimət dalğa müqavimətindən kiçik olsun. Bu zaman elektromaqnit dalğalarının sürəti çoxalacaq. Bu cür dalğalar qaçan dalğalar adlanır.

Qaçan dalğaları yaratmaqdan ötrü xüsusi konstruksiyaya malik lampalar istehsal olunur ki, bunlardan nümunə kimi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.

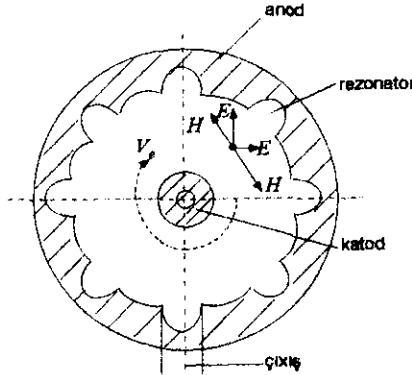


Əvvəlcə qaçan dalğaların yaradılmasının səbəblərini araşdıraq. Əvvəlki paragrafda qeyd etmişdik ki, klistron ancaq dar zolaqlı elektromaqnit dalğalarını gücləndirmək üçün yararlıdır. Lakin elə sistemlər var ki, orada

çox geniş zolağa malik elektromaqnit dalğalarını gücləndirmək lazım gəlir. Belə olan halda klistrondan istifadə etmək qeyri mümkün olduğundan qaçan dalğalar metodundan istifadə olunur. Bu metodun əsasında işləyən cihazın iş prinsipini nəzərdən keçirək. Cihazın sol hissəsi klistronda olduğu kimi elektron proyektorundan ibarətdir. Burada 1 – katodu, 2 – fokuslaşdırıcı elektrod və ya birinci anod, 3 – cəmləşdirici elektrod və ya ikinci anod daxildir. Elektron proyektorundan çıxan elektronlar 4 geniş zolaqlı qəbuledici vibratorla toqquşurlar. Buraya eyni zamanda 5 – dalğa ötürücüsü vasitəsilə elektromaqnit dalğaları daxil olur. Bu dalğalar müəyyən mənada sürətli olduqları üçün vibratorla toqquşan elektronları ötüb keçir. Elektronlar isə müsbət yüklənmiş vibratorlardan müəyyən enerji alaraq rəqsi hərəkət etməyə başlayırlar. Həmin rəqsi hərəkət 8 – spiralinin daxilindən qırağa çıxmasını deyə 6 – sabit cərəyan sarğısı xüsusi maqnit sahəsi əmələ gətirir. Elektron seli spiral daxilində müəyyən spiral şəkilli irəliləmə hərəkəti etdiyi üçün onlar spiralin ətrafında olan elektromaqnit dalğaları ilə müəyyən qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bu təsir nəticəsində elektronlar öz enerjilərinin müəyyən hissələrini dalğaya ötürərək tormozlanırlar. Dalğa isə bunun nəticəsində sürətlənir. Lakin bu sürətlənmiş sahəyə düşən digər elektronlar və ya elektron seli həmin enerjini dalğadan alaraq yenidən sürətlənirlər. Bu cür hərəkətin nəticəsi olaraq nəhayət onlar 10 dalğa ötürücüsünə çatır. Burada isə onları 11 – kollektorunun yaratdığı müsbət elektrik sahəsinin təsiri gözləyir. Deməli, nəticə etibarlı ilə belə söyləmək olar ki, 5- girişindən daxil olan elektromaqnit dalğaları 10 – çıxışında balon daxilində müəyyən qədər enerjiyə malik olan elektron seli tərəfindən gücləndirilir. Özü də bu gücləndirmə tezliyin çox geniş zolağında həyata keçirilir. Şəkilə 7 – hamarlayıcı, 9 isə razılaşdırıcı şleyf adlanır. Bunlar generatorun işini normal hala salmaqdan ötrü yaradılmışdır. Hansı ki, hamarlayıcılar elektromaqnit dalğalarının düz istiqamətdə hərəkətini təmin edir. Razılaşdırıcılar isə elektromaqnit dalğalarının tezliyini tənzimləyir.

Burada bir şeyi xüsusi göstərmək lazımdır ki, o da 6 – sabit cərəyan sarğısıdır. Belə ki, bu sarğının yaratdığı maqnit sahəsinin elektronların hərəkətinə xüsusi təsiri vardır. Əvvəlki bölmələrdə qeyd olunmuşdur ki, (§ 1.6) elektron maqnit sahəsi dairəvi şəkildə hərəkət edərsə düz istiqamətdə, düz istiqamətdə hərəkət edərsə dairəvi spiral şəkildə hərəkət edəcək. Burada isə 6 – sarğısının yaratdığı maqnit sahəsinin istiqaməti soldan sağa olduğu üçün elektronlar 4 – spirali daxilində dairəvi hərəkət edəcəklər. Bu

hərəkət burğu qaydasına görə saat əqrəbi istiqamətində olacaqdır. Elektronların bu xüsusiyyətini nəzərə alıb qaçan dalğa generatorlarının yeni variantı – maqnetron hazırlanmışdır. Maqnetronun iş prinsipi və sxemi aşağıdakı şəkildədir.



Şəkildən görüldüyü kimi katod yuvalı rezonatorları olan silindirik anod daxilində yerləşir. Maqnit sahəsi şəkil müstəvisinə perpendikulyar şəkildə yönəlmişdir. Mərkəzdə yerləşən katod elektron şüalandırır. Bu elektronlar anod gərginliyinin təsiri ilə anoda doğru hərəkət etməyə başlayır. Lakin maqnit sahəsinin təsiri ilə onlar katod ətrafında dairəvi hərəkət etməyə başlayacaqlar. Katodun şüalandırdığı elektrona iki qüvvə təsir göstərir. Bunlar elektrik və maqnit sahələrinin təsir qüvvələridir. Odur ki, elektron həm eninə, həm də uzumuna hərəkət edəcək, yəni spiral şəkildə hərəkət edəcək. Lakin bu hərəkətin dayanıqlı olması üçün elektrona təsir edən elektrik və maqnit sahələrinin müvazinəti təmin olunmalıdır. Yəni

$$F_e = F_M \quad (1)$$

Elektrik sahəsinin qüvvəsi $F_e = e \cdot E$, maqnit sahəsinin qüvvəsi isə $F_M = Be \cdot v_e$. Onda bu qiymətləri (1) də yerinə yazsaq aşağıdakımı alarıq

$$v_e = \frac{E}{B} \quad (2)$$

Deməli, belə nəticə çıxır ki, elektronun elektromaqnit sahəsinin daxilindəki sürəti elektrik sahəsinin intensivliyi ilə düz, maqnit sahəsinin induksiyası tərs mütənəsibdir. Lakin maqnetron daxilində bu sürət maqnetronun ölçülərindən asılı olaraq dəyişə bilər. Məsələn, əgər anodun

çevrə uzunluğu l olarsa və ona f tezlikli gərginlik tətbiq olunsa, onda anodun yaratdığı elektrik sahəsi elektronun sürətinə müəyyən təsir göstərəcək. Əgər bu sürət müəyyən qədər xətti sürət kimi götürülsə, onda

$$v_e = \frac{l}{t} = l \cdot f \quad (3)$$

Burada l anod çevrəsinin uzunluğu, f isə ona tətbiq olunmuş gərginliyin tezliyidir. Bu sürət müəyyən qədər rezonatorların sayı ilə mütənəsibdir, yəni

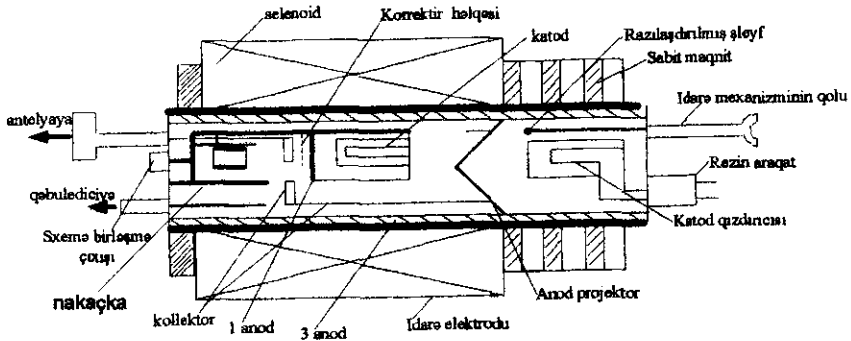
$$v_e = \frac{l \cdot f}{n} \cdot N \quad (4)$$

burada N - rezonatorların sayı, n isə sadə natural ədədlər olub elektronun hər rezonatordan aldığı rəqslərin sayıdır. Çünki elektronlar hər dəfə rezonatorlara yaxınlaşanda ondan müəyyən miqdarda enerji alırlar ki, bu da onların rəqs etmələrinə səbəb olur. (4) ifadəsi sürətin maqnetronun ölçülərindən asılı olduğunu göstərir. Burada dəyişən yalnız anod gərginliyinin tezliyidir ki, o da istisna olunur. Çünki əvvəldən anod gərginliyi müəyyən tezliyə köklənir.

Qeyd etmək lazımdır ki, müəyyən enerji almış elektronlar çıxış rezonatoruna yaxınlaşanda öz enerjilərini elektromaqnit dalğası şəkilində şüalandırır və çıxış rezonatorunda müəyyən tezliyə malik güclü elektromaqnit dalğası olur.

§ 3.8. POTENSİALOTRON

Elə qurğular var ki, onlarda yüksək tezliyi həm şüalandırmaq, həm də qəbul etmək lazım gəlir. Yəni verici və qəbuledici kanalları ayrı – ayrı yox, bir fiderdən buraxmaq məsələsi ortalığa çıxır. Bunun üçün də vericinin generatoru ilə qəbuledicinin gücləndiricisini eyni bir konstruksiyada yığmaq problemi ortalığa çıxır. Son zamanlar belə konstruksiyalara malik olan elektron lampaları istehsal olunmuşdur. Potensialotron bu tip elektron lampasıdır. Yəni potensialotronun generator və qəbuledici hissələri mövcuddur. Onun konstruktiv sxemi aşağıdakı şəkildədir.



Qaçan dalğa generatorunda olduğu kimi potensialotronda da elektron proyektoru və kollektor vardır. Potensialotronun generator hissəsinin katodu modullaşmış impuls gərginliklə qidalanır. Bu da onun tez bir zamanda sürətli elektronlar buraxmaq qabiliyyətini artırır. Sürətlənmiş elektronlar sabit maqnitin yaratdığı maqnit sahəsinin təsiri ilə lampanın çıxışına doğru hərəkət edir. Bundan sonra isə onların sürəti selenoidin yaratdığı maqnit sahəsinin təsiri ilə tənzimlənir. Potensialotronun istehsal etdiyi elektomaqnit dalğalarının tezliyini tənzimləməkdən ötrü razılaşdırıcı şleyfdən istifadə olunur ki, bu şleyfin hərəkətini idarə edən xüsusi mexanizm fəaliyyət göstərir. Əgər tezlikdə hər hansı bir dəyişiklik olarsa, bu potensialotronun gücləndirici hissəsi vasitəsi ilə güclənib xüsusi sxemlərə ötürülür. Burada həmin tezliyin əsas tezlikdən olan fərqi digər xüsusi sxemlər vasitəsi ilə adi gərginliyə çevrilir ki, bu da idarəedici mexanizmin mühərrikini fırladır. Nəticədə isə şleyf hərəkətə gələrək tezliyi normal hala gətirir.

Potensialotronun gücləndirici hissəsi antena başlığından dalğa ötürücüləri vasitəsi ilə daxil olan elektromaqnit dalğalarının müəyyən qiymətə malik olan gərginliyə çevrilməsini təmin edir. Şəkildən görüldüyü kimi antenadan daxil olan yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaları kollektora daxil olur. Kollektor iki hissədən ibarətdir. Bir hissə generatorla, digər hissə isə qəbuledici ilə əlaqədədir. Qəbuledici hissənin ayrıca katodu idarə elektrodu və anodu var. Qəbuledici hissəyə aid olan kollektorda elektromaqnit dalğaları lampa daxilində müəyyən tezlikdə rəqslər yaradırlar, hansı ki, bu rəqslər korrektor həlqəsində rezonans əmələ gətirir. Bu rezonansın təsiri ilə birinci anodla idarəedici elektrod arasında olan elektronlar həmin tezlikdə rəqs edərək birinci anodu keçirlər. Bu zaman onlar

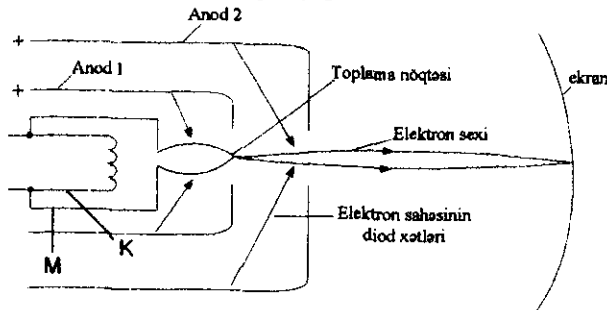
ikinci anodun təsir sahəsinə düşür və onun tərəfindən cəzb olunaraq, üçüncü anodun təsirinə düşürlər. Qeyd etmək lazımdır ki, anodlara tətbiq olunmuş gərginliklər birincidən üçüncüyə doğru artır. Məsələn, $u_{a_1} = 6,0V$, $u_{a_2} = 16V$, $u_{a_3} = 106V$ həddində olur. Üçüncü anod həm də çıxış anodu adlanır və qəbul ediciyə gedən çıxışla əlaqədərdir.

Qəbuledici hissənin gücləndirməsini tənzimləməkdən ötrü "накачка" deyilən iki ekektrod da vardır ki, bunlar mənfi və müsbət yüklənirlər. Göründüyü kimi, potensialotronunda həm yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaları istehsal olunur, həm də bu dalğalar müəyyən gərginliyin qiymətinə uyğun güclənirlər. Son zamanlar yarımkeçiricilərin sürətli inkişafı ilə əlaqədar olaraq bu cür lampaların istehsalı dayandırılmışdır.

§ 3.9. ELEKTRON ŞÜA BORUSU

Elektronların sel şəklində hərəkətini yaradan cihazlardan biri də, elektron şüa borusudur. Digər şüalandırıcı lampalarda olduğu kimi burada da elektron proyektoru vardır. Bu borunun digər mühüm xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, burada elektron selini görmək olur. Belə ki, borunun bir tərəfində lüminator adlanan xüsusi maddədən hazırlanmış ekran quraşdırılır ki, bunun da üzərinə elektron şüası düşdükdə o işıqlanır. EŞB - şüaların idarə olunmasına görə iki cür istehsal olunur: elektrostatik fokuslaşan və elektomaqnit fokuslaşan

Elektrostatik fokuslaşma prinsipi aşağıdakı kimidir.



K -katodunun buraxdığı elektronlar mənfi yüklənmiş və triod lampasında olan tor rolunu oynayan modulyatorun təsirinə düşürlər. Mənfi sahənin təsiri ilə onlar itələnilər və nəticədə birinci anoda daxil olurlar. Bu

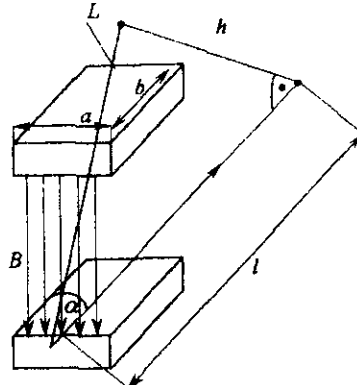
zaman onların fokuslaşması baş verir. Çünki anod müsbət yükləndiyindən və silindrik şəkildə olduğundan elə bil elektronlar silindrin divarları tərəfindən cəzb olunurlar. Hər tərəfdən cəzb olunan elektronları anodun çıxışında olan dəlik toplayır, yəni fokuslayır. Eyni zamanda onlar sahənin təsiri ilə müəyyən sürətdə alırlar. Birinci anoda nisbətən daha güclü potensiala malik olan ikinci anodda isə elektronlar bir azda sürətlənir. Biz elektrik sahəsinin təsiri ilə elektronun sürətini § 1.5 – də hesablamışıq, yəni

$$v_e = 600\sqrt{u} \quad (1)$$

Burada u anod gərginliklərinin cəmi kimi göstərilə bilər, yəni $u = u_{a_1} + u_{a_2}$, onda elektronun sürəti

$$v_e = 600\sqrt{u_{a_1} + u_{a_2}} \quad (2)$$

Göründüyü kimi elektronların sürəti iki anod gərginliyinin qiymətlərinə uyğun olaraq artır və ekran üzərinə güclü elektron seli bombardman olunur. Əgər bu selə heç bir təsir olmazsa o ekranda nöqtə şəkilində görünəcək. Lakin EŞB –da elektron selini müxtəlif istiqamətlərə yönəltməkdən ötrü xüsusi elektrodlar quraşdırılır. Bunlar horizontal və vertikal meyilləşdiricilər adlanır. Həmin meyilləşdiricilər maqnit sahələri yaradan sarğılardır. Çünki burada elektron seli cərəyan xarakterli olduğu üçün maqnit sahəsinin cərəyana təsiri prinsipindən istifadə olunur. Yəni maqnit sahəsinin təsiri ilə elektron spiralvari hərəkət etməyə başlayacaqdır.



Bu cür hərəkətdə elektron selinin sürəti § 1.6 – ya əsasən

$$v_e = \frac{F_e}{B \cdot e} \quad (3)$$

ifadəsi ilə hesablanır. Burada F_e - maqnit sahəsinin elektron selinə təsir qüvvəsidir. B - maqnit sahəsinin induksiyası. e - elektronun yüküdür (1) ilə (3) ifadəsinin bərabərliyindən alarıq ki,

$$\frac{F_e}{B \cdot e} = 600\sqrt{u} = \sqrt{\frac{2e}{m_e} \cdot u}$$

Buradan

$$F_e = B \cdot e \sqrt{\frac{2e}{m_e} \cdot u} \quad (4)$$

Əgər nəzərə alsaq ki, bu qüvvə elektronların spiralvari hərəkəti zamanı mərkəzəqaçma qüvvəsinə bərabərdir, onda yazarıq

$$F_e = \frac{m_e v_e^2}{r}$$

(3) ilə (4) – ün bərabərliyindən alarıq

$$\frac{m_e v_e^2}{r} = B e \sqrt{\frac{2e}{m_e} \cdot u}$$

və ya

$$\frac{m_e}{e} \cdot \frac{v_e^2}{r} = B \sqrt{\frac{2e}{m_e} \cdot u}$$

Buradan dairəvi spiralın radiusu

$$r = \frac{m_e v_e^2}{e \sqrt{\frac{2e}{m_e} \cdot u} \cdot B} = \frac{m_e v_e}{e \cdot B} \quad (5)$$

(5) ifadəsi u anod gərginliyinin həm də B - maqnit induksiyasının iştirakı ilə elektronun EŞB – da hərəkət trayektoriyasının radiusudur və EŞB üçün əsas parametrlərdən biri sayılır. Bu da elektron selinin ekranda cızdığı şəklın h - hündürlüyünü təyin etməkdən ibarətdir. Bunun üçün yuxarıdakı şəklə müraciət edək. Şəkildən görüldüyü kimi B - maqnit induksiyası L - elektron selinə təsir edərək onu α qədər döndərir və bu zaman ekranda h - uzunluğuna malik xətt yaranır. Xüsusi hal kimi ekranı düz müstəvi kimi qəbul etsək, onda h - hündürlüyü L - elektron şüasına perpendikulyar olacaqdır. Bu zaman elektron selinin şüa borusundakı uzunluğu ilə şüanın cızdığı xəttin hündürlüyü arasındakı bucaq

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{L} \quad (6)$$

olacaqdır. (5) ifadəsindən elektronların maqnit sahəsinin təsiri ilə yaranmış dairəvi sürəti

$$v_e = \frac{r \cdot eB}{m_e} \quad (7)$$

Bu sürət tam period ərzində L uzunluğu boyunca xətti sürətə çevrilir onda hər tərəfi 2π vursaq

$$2\pi \cdot v_e = \frac{r \cdot e \cdot B}{m_e} \cdot 2\pi \text{ və ya } L = \frac{e \cdot B}{m_e} \cdot l_m \quad (8)$$

burada l_m - maqnit sahəsinin təsir dairəsidir. O, belə hesablanır $l_m = 2\pi r$.

(6) ifadəsindən şüanın ekrandakı hündürlüyü tapaq və L - un qiymətini yerinə yazsaq, onda

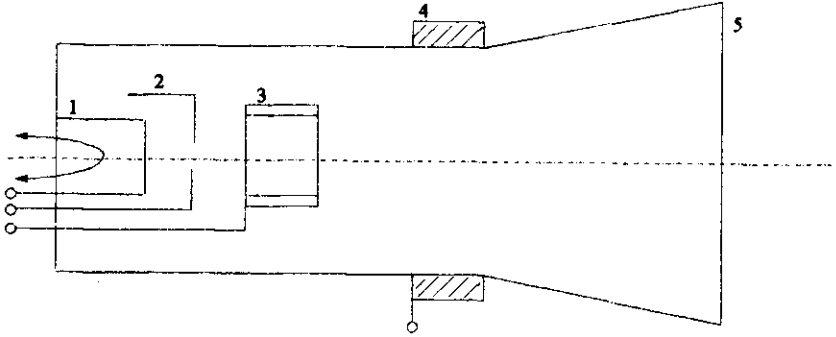
$$h = \frac{e \cdot B \cdot l_m}{m_e} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (9)$$

(9) ifadəsində $\frac{e}{m_e}$ - sabit ədəd olduğu üçün hündürlük ancaq maqnit

induksiyasından asılı olur. Yəni əgər, $B=0$ olarsa, yəni maqnit sahəsi olmazsa onda $h=0$ olar, yəni, ekranda nöqtə alınmış olar. Burada xüsusi ilə α - meylectmə bucağının əhəmiyyətini qeyd etmək lazımdır. Belə ki, α - bucağı nə qədər böyük olarsa, şüanın uzunluğu bir o qədər kiçik olar. Yəni şüa borusunun uzunluğu azalar. Bu cür şüa boruları müasir televiziyaların istehsalında xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Artıq meylectmə bucağı 110° olan televiziya boruları hazırlanır. Belə televiziya borularına kinestkop deyilir. Son zamanlar kinestkoplər müxtəlif məqsədlər üçün istehsal olunur. Bunlara misal olaraq kompüterlərin monitorlarını göstərmək olar. Monitorların kinestkopləri işarə - çapədən şüa borularıdır. Bu kinestkoplər haqqında gələcəkdə məlumat veriləcəkdir. İndi isə televiziya kinestkopləri haqqında məlumat verək.

§ 3.10. KİNESTKOPLAR

İki cür kinestkop vardır: ağ – qara və rəngli kinestkoplar. Ağ – qara kinestkopun iş prinsipi EŞB – nun iş prinsipinə uyğundur. Onun sxemi aşağıdakı kimidir.

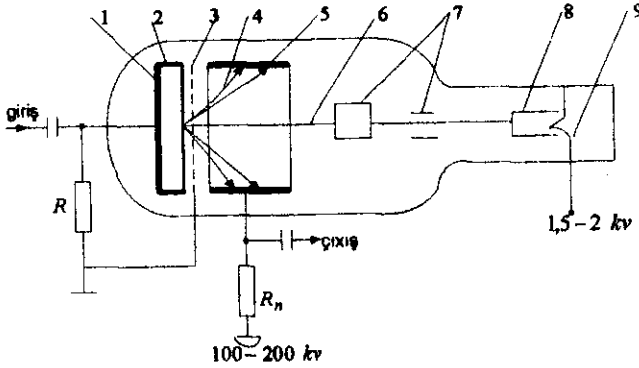


1- katodunun qızdırılması nəticəsində buraxdığı elektronlar 2 – modulyatoru vasitəsilə lazımı şəkə salınır ki, bu da 3 – sürətləndirici elektrod (anod) vasitəsi ilə elektron selinə çevrilir. Qeyd etmək lazımdır ki, modulyatora videosiqnallar daxil olur və həmin siqnalların qiymətinə uyğun olaraq elektronlara təsir göstərilir.

Müəyyən sürət almış elektron seli 4 – meylədicilərindən keçərək ekranda kadr və sətirlər əmələ gəlir. Meyləşdiricilər adi sarğaclardan ibarət olub mişarşəkilli gərginliklərlə qidalanırlar. Ekranın işıqlanması üçün içəridən alüminium qat və şüşə ilə bu qat arasında lyuminofor yerləşdirilir.

Ağ – qara kinestkoplardan fərqli olaraq rəngli kinestkoplarda rənglərin sayından asılı olaraq bir neçə elektron proyektoru olur. Bu proyektorların hər birinə xüsusi rəngli blokda hazırlanmış gərginliklər tətbiq olunur. Bunun üçün də onlar hər rəngə uyğun elektron şüalandırırlar. Şüalanan elektronlar xüsusi dəlikləri olan diafraqmadan keçir. Bu dəliklərin sayı 60 000 - ə çatır. Bundan sonra elektronlar meyləşdiriciləri keçərək ekran üzərinə düşürlər. Rəngli kinestkopların ekranlarında rəngli lyuminofordan istifadə olunur. Bu lyuminoforlar xüsusi qayda ilə düzölmüş rəngli hissəciklərdən ibarətdir. Əgər bu düzüm pozulmuş olarsa, onda kinestkopda rənglər qarışır. Ən sadə rəngli kineskop üçrəngli olur. Bunlar qırmızı, yaşıl, göydür.

Bir növ kinestkoplur da var ki, onlara yaddaş kinestkoplurı və ya potensialoskop deyilir. Belə kinestkoplur elektrik siqnallarını elektrik yüklərinə çevirərək onları müəyyən müddət ərzində saxlayır və lazım olanda nümayiş etdirmək xüsusiyyətinə malikdirlər. Bu kinestkoplurun sxemi və iş prinsipi aşağıdakı kimidir:

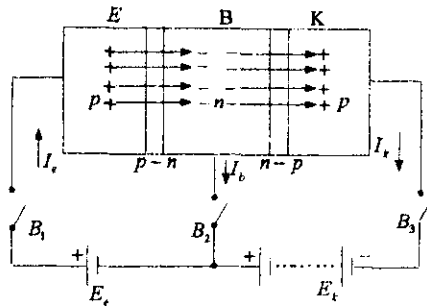


Balonun genişləndirilmiş hissəsində 1 – metallik lövhəsi yerləşdirilir və üzərinə 2 – dielektrik qatı çəkilir. Bu lövhə siqnal qəbuledici adlanır. Lövhə qarşısında 3 – torpaqlaşdırılmış tor quraşdırılır. Bundan sonra isə 5 kollektoru gəlir ki, o da halqa şəkilində olur. Kollektor katoda nisbətən müsbət yükləndiyi üçün o, 6 şüasını sürətləndirir. Dielektrik üzərinə düşən şüa ondan elektron qoparır. Bu elektronlar kollektör tərəfindən cəzb olunur və onda əmələ gəlmiş cərəyan R_n müqavimətindən axır. Dielektrikin potensialı ondan çıxan elektronların hesabına müsbət olur. Qəbuledici elektrod isə torpaqlaşdırılmış torun hesabına mənfi yüklənir. Çünki tor ondan keçən elektronların təsiri ilə mənfi yüklənir. Odur ki, 1-2 lövhələri kondensator kimi fəaliyyət göstərir. Əgər siqnal müsbət periodda gələrsə onda bu kondensator dolur. Lakin həmin siqnalı yenidən aşkara çıxartmaqdan ötrü 6 – şüası 2 – lövhənin üzərində gəzdirilir. Nəticədə lövhədən çıxan elektronlar kollektör tərəfindən cəzb olunub R_n müqavimətində əvvəl qeydə alınmış siqnalı aşkara çıxarır. Bu üsuldən ikiqat hesablamaya sistemində malik olan elektron hesablamaya maşınlarında istifadə olunur. Belə ki, müsbət gərginlik bir kodu ilə, mənfi gərginlik isə sıfır kodu ilə işarələnir. Bu zaman hesablamaya maşınının monitorunda birlərdən və sıfırlardan ibarət ədəd görünəcəkdir. Yaddaş kinestkoplurunun tutumu siqnal qəbuledicisi (1) ilə dielektrik (2)

arasında olan tutumdan asılıdır. Müasir EHM – nin yaddaş kinestkopları bir neçə on min ikiqat işarəni yadda saxlaya bilir.

§ 3.11. YARIMKEÇİRİCİ TRİOD – TRANZİSTOR

İki və ya daha çox $p-n$ keçidinə malik olan yarımkəçirici cihazlara tranzistorlar deyilir. Deməli, $p-n$ keçidinin sayından asılı olaraq tranzistorlar ən azı üçqatlı ola bilər. Əgər tranzistor üçqatlı olarsa, bu yarımkəçirici triod adlanır. Qatların xüsusiyyətindən asılı olaraq tranzistorlar $p-n-p$ və $n-p-n$ tipli olur. Hər iki tip tranzistorda fiziki proseslərin eyni getdiyini nəzərə alaraq $p-n-p$ tipli tranzistorun iş prinsipi ilə tanış olaq.



Əgər B_1 və B_2 açarlarını qoşsaq cərəyan E_e mənbəyindən axıb p qatına daxil olur. Burada o, $p-n$ keçidindən keçib n qatına, oradan isə B_2 - açarından keçib E_e mənbəyinə daxil olacaq. Bu zaman $p-n$ keçidində dəşiklər p qatından n qatına, elektronlar isə n qatından p qatına keçəcəkdir. İndi tutaq ki, B_1 açarı açılib B_3 açarı qapanmışdır. Onda cərəyan E_k mənbəyindən çıxıb B_2 açarına, oradan n qatına və $n-p$ keçidini keçib p qatına və nəhayət, B_3 açarından yenidən E_k mənbəyinə qayıdacaq. $n-p$ keçidində isə elektronlar p qatına, dəşiklər n qatına daxil olacaqdır. Deməli, n qatında dəşiklərin, p qatlarında isə elektronların sayı artmış olur. İndi əgər biz hər üç açarı qapanmış olsaq, onda $p-n$ və $n-p$ keçidlərinin

hesabına n - qatı müsbət yüklənir ki, bu da cərəyanın n qatından axaraq E_k mənbəyinə daxil olmasına gətirib çıxarır. Yəni, E_e mənbəyindən axan I_e cərəyanı iki hissəyə ayrılır.

$$I_e = I_B + I_k \quad (1)$$

Birinci p qatı boşaldığı üçün emitter, n qatı hər iki tərəfdən dolduğu üçün baza, ikinci p qatı isə qəbuledici olduğu üçün kollektor adlandırılmışdır. (1) ifadəsinin hər tərəfini I_e -yə bölək, onda

$$1 = \frac{I_B}{I_e} + \frac{I_k}{I_e} \quad (2)$$

Burada $\frac{I_k}{I_e} = \alpha$ vahiddən kiçik ədəd olub emitter cərəyanının ötürmə əmsalı adlanır, onda (2) ifadəsi belə yazılır,

$$\frac{I_B}{I_e} = 1 - \alpha$$

və ya

$$I_B = I_e(1 - \alpha) \quad (3)$$

hər tərəfi I_k -yə bölək, onda

$$\frac{I_B}{I_k} = \frac{I_e}{I_k}(1 - \alpha) = \frac{1}{\alpha}(1 - \alpha) \quad (4)$$

(4) ifadəsində $\frac{I_k}{I_B} = \beta$ vahiddən böyük bir ədəd olub gücləndirmə əmsalı adlanır, onda (4) ifadəsi aşağıdakı kimi alınır.

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{\alpha}(1 - \alpha)$$

və ya

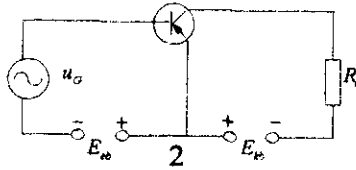
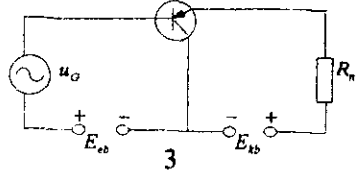
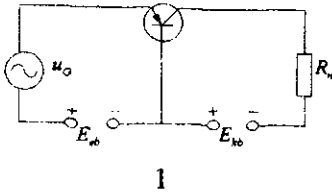
$$\beta = \frac{1}{\frac{1}{\alpha}(1 - \alpha)} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (5)$$

Əgər biz nəzərə alsaq ki, $\alpha = 0,95 \div 0,99$ olur, onda

$$\beta = \frac{0,95}{1 - 0,95} = 19 \text{ və ya } \beta = \frac{0,99}{1 - 0,99} = 99$$

Deməli, $\beta = 19 \div 99$ həddində olur.

Yuxarıda qeyd etdiklərimizdən belə nəticə çıxara bilərik ki, tranzistoru elə işlətmək olar ki, o hər hansı bir parametri gücləndirmiş olsun. Bu dediklərimizi nəzərə alıb tranzistorun qoşulma sxemlərini aşağıdakı şəkillərdə veririk. Şəkillərdən görüldüyü kimi üç növ birləşmə sxemi mövcuddur.



1. Ümumi baza birləşmə sxemi burada baza iki gərginlik mənbəyinin ortaq nöqtəsinə birləşir.
2. Ümumi emitter birləşmə sxemi burada emitter iki gərginlik mənbəyinin ortaq nöqtəsinə birləşir.
3. Ümumi kollektor birləşmə sxemi burada kollektor iki gərginlik mənbəyinin ortaq nöqtəsinə birləşir.

§ 3.12. TRANZİSTORLARIN ƏSAS PARAMETRLƏRİ

İstənilən sxem üzrə birləşməyə malik olan tranzistorun aşağıdakı parametrləri hesablanmalıdır.

- Cərəyana görə güclənmə əmsalı
$$K_J = \frac{J_f}{J_g}$$

- Gərginliyə görə güclənmə əmsalı $K_U = \frac{U_c}{U_g}$
- Gücə görə güclənmə əmsalı $K_p = K_J \cdot K_U$
- Giriş müqaviməti $R_g = \frac{U_g}{J_g}$

Yuxarıdakı parametrlər ayrı-ayrılıqda hər sxem üçün aşağıdakı kimi hesablanacaq.

1. Ümumi baza birləşmə sxemi üçün

$$K_J = \frac{J_k}{J_e} = \alpha; \quad K_U = \frac{J_k \cdot R_n}{J_e \cdot R_g} = \alpha \cdot \frac{R_n}{R_g}; \quad K_p = \alpha^2 \cdot \frac{R_n}{R_g};$$

2. Ümumi emitter sxemi üçün

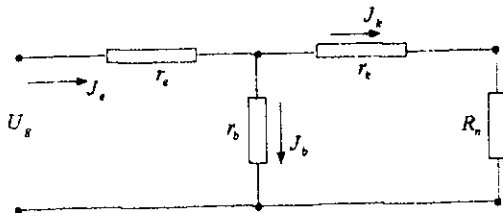
$$K_J = \frac{J_k}{J_b} = \beta; \quad K_U = \frac{J_k \cdot R_n}{J_b \cdot R_g} = \beta \cdot \frac{R_n}{R_g}; \quad K_p = \beta^2 \cdot \frac{R_n}{R_g};$$

3. Ümumi kollektor birləşmə sxemi üçün

$$R_J = \frac{J_e}{J_b} = \frac{J_k + J_b}{J_b} = \beta + 1; \quad K_U = \frac{J_e \cdot R_n}{J_b \cdot R_g} = (\beta + 1) \cdot \frac{R_n}{R_g};$$

$$K_p = (\beta + 1)^2 \cdot \frac{R_n}{R_g}$$

Bütün hesablamalarda əsasən R_g və R_n müqavimətləri iştirak edir. R_n - müqaviməti yük müqaviməti olduğu üçün onun qiyməti məlumdur. Ancaq R_g giriş müqaviməti tranzistora aid olduğundan onun hesablaması ilə məşğul olaq. Bunun üçün tranzistorun ekvivalent sxemini çəkək.



Sxemdən

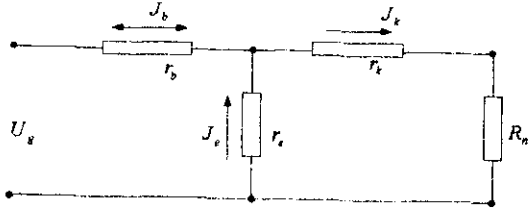
$$U_g = J_e \cdot r_e + J_b \cdot r_b$$

Əgər nəzərə alsaq ki, $J_b = J_e(1 - \alpha)$, onda

$$U_g = J_e \cdot [r_e + (1 - \alpha) \cdot r_b] \quad (1)$$

alınar. (1) ifadəsində $r_e + (1 - \alpha) \cdot r_b = R_g$ giriş müqavimətidir.

Ümumi emitter sxemi üçün ekvivalent sxem aşağıdakı kimidir.



Sxemdən

$$U_g = J_e \cdot r_e + J_b \cdot r_b$$

Əgər nəzərə alsaq ki,

$$J_e = J_b + J_k$$

onda

$$U_g = (J_b + J_k) \cdot r_e + J_b \cdot r_b = J_k \cdot r_e + J_b \cdot (r_e + r_b)$$

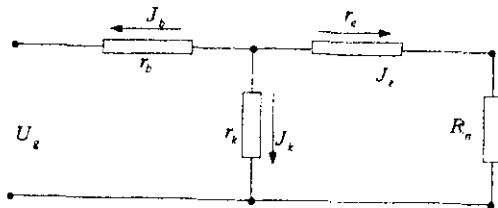
onda hər tərəfi J_b -yə bölsək

$$\frac{U_g}{J_b} = \frac{J_k}{J_b} \cdot r_e + (r_e + r_b) = \beta \cdot r_e + r_e + r_b = r_e(1 + \beta) + r_b$$

Burada

$$\frac{U_g}{J_b} = R_g = r_e(1 + \beta) + r_b \quad (2)$$

İndi də ümumi kollektor sxeminin ekvivalent sxemini araşdıraq.



Sxemdən

$$U_g = -J_b \cdot r_b + J_k \cdot r_k$$

Burada $J_k = J_e - J_b$ onda

$$U_g = -J_b \cdot r_b + J_e \cdot r_k - J_b \cdot r_k = J_e \cdot r_k - J_b (r_b + r_k)$$

Əgər nəzərə alsaq ki, $J_b = J_e (1 - \alpha)$ onda

$$U_g = J_e \cdot r_k - J_e (1 - \alpha) (r_b + r_k)$$

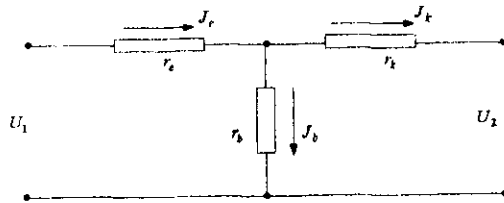
və ya

$$R_g = r_k - (1 - \alpha) (r_b + r_k) = \alpha (r_b + r_k) - r_b$$

R_g - giriş müqavimətinin hesablanmış qiymətlərini hər bir sxemin parametrləri olan K_J, K_u və K_p - düsturlarında yerinə yazsaq, bu zaman görürük ki, ən çox effektiv sxem ümumi emitter sxemidir. Oudur ki, gücləndirmə qurğularında ümumi emitter sxemindən istifadə olunur.

§ 3.13. TRANZİSTOR – DÖRDQÜTBLÜ KİMİ

İki giriş və iki çıxışa malik olan elektrik qurğularına dördqütblü deyilir. Ən sadə dördqütblü transformatordur. Bunun haqqında gələcəkdə məlumat veriləcəkdir. Lakin biz burada tranzistorların dördqütblü şəklini nəzərdən keçiririk. Bunun üçün ümumi baza birləşməsi tranzistorun ekvivalent sxemini araşdıraq.



Şəklə əsasən

$$J_e = J_b + J_k \quad (1)$$

gərginlik isə

$$U_1 = J_e \cdot r_e + J_b \cdot r_b = J_e \cdot r_e + J_k \cdot r_k + U_2 \quad (2)$$

(2) ifadəsində

$$J_b = \frac{J_k \cdot r_k + U_2}{r_b} \quad (3)$$

Bunu (1) – də yerinə yazsaq, onda

$$J_e = \frac{J_k \cdot r_k + U_2}{r_b} + J_k = J_k \left(1 + \frac{r_k}{r_b} \right) + \frac{U_2}{r_b} \quad (4)$$

(4) ifadəsini (2) – də yerinə yazsaq, onda

$$U_1 = \left(\frac{J_k \cdot r_k + U_2}{r_b} + J_k \right) \cdot r_e + J_k \cdot r_k + U_2 = J_k \left(r_e + r_k + \frac{r_k \cdot r_e}{r_b} \right) + U_2 \left(1 + \frac{r_e}{r_b} \right) \quad (5)$$

(4) və (5) ifadələrində aşağıdakı əvəzləmələri apararaq

$$r_e + r_k + \frac{r_k \cdot r_e}{r_b} = h_{11}; \quad 1 + \frac{r_e}{r_b} = h_{12}; \quad 1 + \frac{r_k}{r_b} = h_{21}; \quad \frac{1}{r_b} = h_{22};$$

onda (4) və (5) ifadələri aşağıdakı kimi alınır.

$$J_e = J_k \cdot h_{21} + U_2 \cdot h_{22}; \quad U_1 = J_k \cdot h_{11} + U_2 \cdot h_{12} \quad (6)$$

Yuxarıdakı ifadələr dördqütblünün tənlikləri adlanır. Bu tənliklərdə olan h əmsallarını təcrübə yolu ilə tapmaq olar. Bunun üçün dördqütblü əvvəl qısa qapanır, sonra isə yüksüz işləmə rejimində yoxlanılır. Yəni, birinci halda $U_2 = 0$, ikinci halda $J_k = 0$ olur. Onda (6) ifadələri aşağıdakı kimi alınır.

Əgər $U_2 = 0$ olarsa, $J_e = J_k \cdot h_{21}$ və $U_1 = J_k \cdot h_{11}$. Buradan $h_{21} = \frac{J_e}{J_k}$ və $h_{11} = \frac{U_1}{J_k}$

İkinci halda əgər $J_k = 0$ olarsa, $J_e = U_2 \cdot h_{22}$, $U_1 = U_2 \cdot h_{12}$ buradan $h_{22} = \frac{J_e}{U_2}$ və $h_{12} = \frac{U_1}{U_2}$,

h - əmsalları arasında aşağıdakı münasibət vardır.

$$h_{12} \cdot h_{21} - h_{11} \cdot h_{22} = 0 \quad (7)$$

h - ların yuxarıdakı qiymətlərini yerinə yazıb (7) ifadəsini təsdiqliyə bilər.

$$\frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{J_e}{J_k} - \frac{U_1}{J_k} \cdot \frac{J_e}{U_2} = 0$$

Bu hal $U_2 = 0$ və $J_k = 0$ halında özünü doğruldu. Lakin müqavimətlərə görə hesablanarsa, h - lar arasında aşağıdakı münasibət olacaqdır.

$$h_{12} \cdot h_{21} - h_{11} \cdot h_{22} = 1 \quad (8)$$

Yəni

$$\begin{aligned} & \left(1 + \frac{r_e}{r_b}\right) \left(1 + \frac{r_k}{r_b}\right) - \left(r_e + r_k + \frac{r_k \cdot r_e}{r_b}\right) \left(\frac{1}{r_b}\right) = \\ & = 1 + \frac{r_k}{r_b} + \frac{r_e}{r_b} + \frac{r_k \cdot r_e}{r_b^2} - \frac{r_e}{r_b} - \frac{r_k}{r_b} - \frac{r_k \cdot r_e}{r_b^2} = 1 \end{aligned}$$

Deməli, belə nəticə çıxır ki, tranzistor yüksüz və qısa qapanma rejimində işlədikdə onun parametrləri adi haldakına nisbətən dəyişmiş olur. (8) ifadəsindən istifadə etməklə hər hansı h parametrini digərləri məlum olarsa tapmaq olar.

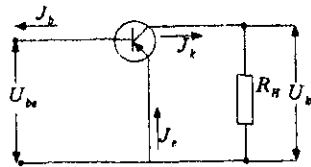
Tranzistorun işini araşdırmaq üçün onun xarakteristikaları ilə tanış olaq.

§ 3.14. TRANZİSTORUN XARAKTERİSTİKALARI

Ümumi emitter birləşmə sxeminin xarakteristikaları aşağıdakılardır:

1. Giriş xarakteristikası $J_b = f(u_{be})$
2. Çıxış xarakteristikası $J_k = f(u_{ke})$

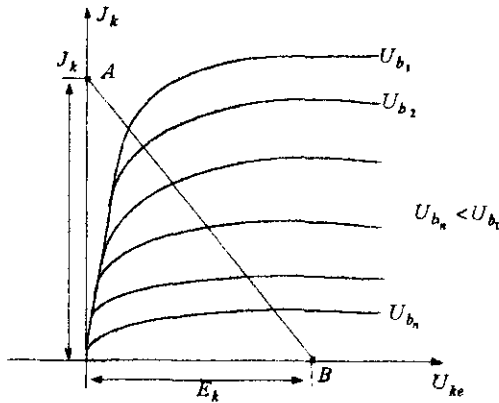
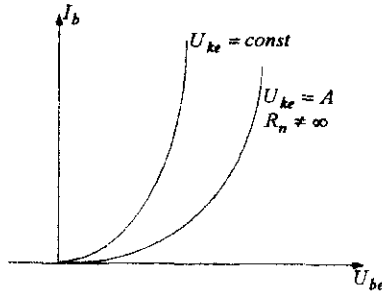
Bu xarakteristikaları araşdırmaqdan ötrü ümumi emitterli birləşmə sxemini yük müqaviməti ilə aşağıdakı şəkildə veririk.



Giriş xarakteristikası

$$J_b = \frac{u_{be}}{R_g} \quad (1)$$

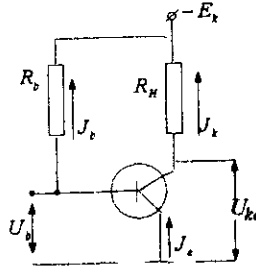
düsturu ilə hesablanır və qrafiki aşağıdakı kimidir.



Bu zaman U_{ke} gərginliyi dəyişməz qalır. Çünki bu zaman R_n müqaviməti olmur, yəni $R_n = \infty$ olur. Odur ki, gərginliyin artması ilə emitter–baza keçidində dəşiklərin emitterdən bazaya keçməsi çoxalır. Nəticədə baza cərəyanı artırmağa başlayır. Lakin əgər R_n müqaviməti qoşularsa, onda J_k - kollektor cərəyanının hesabına U_{ke} - gərginliyi dəyişəcək və giriş xarakteristikası da formasını dəyişəcək. Bu gərginliyin dəyişməsi əks rəbitənin yaranması hesabına baş verir ki, bu da qrafikin, gərginliyin mənfi qiymətlərində absis oxuna meyl etməsi ilə müşahidə olunur. Fiziki cəhətdən bu, bütün yük daşıyıcıların kollektor dövrəsinə axması ilə izah olunur.

Tranzistorun çıxış xarakteristikası isə baza gərginliyinin sabit qiymətlərində kollektor cərəyanının emitter – kollektor gərginliyinin

dəyişməindən asılılıqdır. Bu qrafiki araşdırmaq üçün ümumi emitter birləşmə sxemini aşağıdakı şəkildə veririk.



Şəklə əsasən yazı bilərik ki,

$$U_{ke} = E_k - J_k \cdot R_n \quad (2)$$

burada

$$J_k = \frac{E_k - U_{ke}}{R_n} \quad (3)$$

Əgər $R_n = \infty$ olarsa, yəni yük müqaviməti olmazsa, onda $J_k = 0$ olur. Bu zaman $E_k = U_{ke}$ alınacaq.

Lakin əgər tranzistor işləməzsə, yəni, baza gərginliyi olmazsa, bu zaman $U_{ke} = 0$ olur. Onda (3) ifadəsinə əsasən $J_k = \frac{E_k}{R_n}$ olacaq, yəni yük müqavimətindən yalnız E_k mənbəyinin hesabına cərəyan axacaqdır. Bu iki vəziyyət tranzistorun dinamik rejimi adlanır. AB - xətti isə yük xətti adlanır.

Göründüyü kimi tranzistorun dinamik xarakteristikası üç elektrodlu lampa – triodun dinamik xarakteristikası ilə eynidir. Odur ki, trioda aid olan xüsusiyyətlər eyni ilə tranzistora da aiddir.

§ 3.15. TRANZİSTORUN - TEMPERATUR VƏ TEZLİK ASILILIĞI

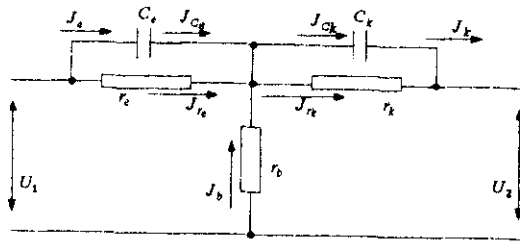
Temperaturun dəyişməsi ilə tranzistorun əsas parametrləri sayılan r_k, r_b və r_e - də dəyişir. Məsələn, əgər tranzistor $20^{\circ}C$ - dən $60^{\circ}C$ - yə kimi

qızmış olarsa, onda r_k iki dəfə, r_b 15 – 20 % azalır, r_e isə 15 – 20 % artır. Belə olan halda J_e - cərəyanı azaldığından tranzistorda J_{kb} əks cərəyanı əmələ gəlir ki, bu da temperaturun artması ilə eksponensial qanunla artır, yəni

$$J_{kb} = J_{kb_0} e^{0,07\Delta t} \quad (1)$$

burada J_{kb_0} - normal temperaturda ($+20^\circ C$) tranzistorda olan kollektor – baza əks cərəyanı, J_{kb} - isə temperaturun artması ilə artan əks cərəyandır. Δt - temperatur dəyişməsidir. Kollektor tərəfdən axan bu əks cərəyanın tranzistorun işinə mənfi təsiri vardır. Belə ki, əgər bu cərəyan artarsa, onda emitter və kollektor cərəyanları azalır ki, bu da ümumilikdə tranzistorun gücləndiricilik qabiliyyətini azaldır. Daha yüksək temperaturlarda işləmək üçün xüsusi növ tranzistorlar istehsal olunur. Bu tranzistorlara misal olaraq karbitlə - silisium birləşməsi əsasında yaradılmış tranzistorları göstərmək olar. Belə birləşmə əsasında yaradılan tranzistorlar $500^\circ - 600^\circ C$ temperatúra qədər qızdıqda belə normal işləyir.

Tranzistorun iş rejiminə təsir edən ikinci amil tezlikdir. Bunu izah etmək üçün tranzistorun ekvivalent sxemini çəkək.



Sxemə görə

$$J_e = J_{c_e} + J_{r_e} \quad (2)$$

və

$$J_k = J_{c_k} + J_{r_k} \quad (3)$$

Burada J_{c_e} və J_{c_k} emitter və kollektor keçidlərindəki tutum müqavimətlərindən axan cərəyanlar, J_{r_e} və J_{r_k} isə emitter və kollektor aktiv müqavimətlərindən axan cərəyanlardır. Həmin cərəyanlar aşağıdakı kimi hesablanır.

$$J_{C_e} = \omega C_e \cdot u_e \text{ və } J_{C_k} = \omega C_k \cdot u_k \quad (4)$$

$$J_{r_e} = \frac{\omega C_e \cdot u_e}{r_e} \text{ və } J_{r_k} = \frac{u_k}{r_k} \quad (5)$$

burada u_e və u_k uyğun olaraq emitter və kollektorda düşən gerginliklərdir.

Qeyd edək ki, əgər $f = 0$ olarsa, onda $J_{C_e} = 0$ və $J_{C_k} = 0$ olur və onda, $J_e = J_{r_e}$ və $J_k = J_{r_k}$ alınır. Əgər tezlik müəyyən qiymətə malik olarsa və artarsa, onda J_{C_e} və J_{C_k} cərəyanları artmağa başlayacaq. Tezliyin elə bir qiyməti olar ki, $J_{C_e} = J_{r_e}$ və $J_{C_k} = J_{r_k}$ alınar. Bu zaman $J_e = 2J_{C_e} = 2J_{r_e}$ və $J_k = 2J_{C_k} = 2J_{r_k}$ alınacaq.

§ 3.11 – də göstərmişdik ki, cərəyana görə ötürmə əmsalı

$$\alpha = \frac{J_k}{J_C} = \frac{2J_{C_k}}{2J_{C_e}} = \frac{J_{C_k}}{J_{C_e}} = \frac{J_{r_k}}{J_{r_e}} \quad (6)$$

cərəyana görə güclənmə əmsalı

$$\beta = \frac{J_k}{J_n} = \frac{2J_{C_k}}{J_n} = \frac{2J_{r_k}}{J_n} \quad (7)$$

Tezliyin qiymətinin artması ilə J_{C_e} və J_{C_k} - cərəyanlarının qiyməti qalxdığı üçün J_{r_e} və J_{r_k} cərəyanlarının qiymətləri azalmağa başlayacaq. Nəzərə alsaq ki, emitter və kollektor cərəyanları əsasən aktiv r_e və r_k müqavimətlərindən axan J_{r_e} və J_{r_k} cərəyanlarıdır, onda cərəyana görə ötürmə və güclənmə əmsalları aşağıdakı ifadələrlə hesablanmalıdır.

$$\alpha = \frac{J_{r_k}}{J_{r_e}} \text{ və } \beta = \frac{J_{r_k}}{J_b} \quad (8)$$

burada aktiv və reaktiv cərəyanlar arasında tezliyin artmasına müvafiq olan bir əmsal olduğundan (8) ifadələri aşağıdakı kimi yazılacaq

$$\alpha = \frac{J_{r_k}}{J_{r_e}} = \frac{J_{C_k} \cdot K_e}{K_k \cdot J_{C_e}} \text{ və } \beta = \frac{J_{r_k}}{J_b} = \frac{J_{C_k}}{K_k \cdot J_b} \quad (9)$$

burada K_e - emitter dövrəsindəki aktiv və reaktiv cərəyanlar arasında olan əmsal, yəni $K_e = \frac{J_{C_e}}{J_{r_e}}$ və K_k - kollektor dövrəsindəki aktiv və reaktiv

cərəyanlar arasındakı əmsaldır $K_k = \frac{J_{C_k}}{J_{r_k}}$. Belə olan halda (8) və (9)

ifadələrindəki α və β - lar bir-birindən fərqlənəcəkdir. Nəzərə alsaq ki, (8) ifadəsində α və β kəmiyyətləri $f = 0$ halı üçün götürülüb, onda $\alpha_0 > \alpha_f$ və $\beta_0 > \beta_f$ münasibətlərini yaza bilərik. Burada α_0 və β_0 (8) ifadələrindən istifadə etməklə, α_f və β_f isə (9) ifadələrindən istifadə etməklə hesablanır. Hesablamalar zamanı əldə olunmuş nəticələr göstərir ki, α - nın qiyməti tezliyin artması ilə bir o qədər hiss olunacaq şəkildə azalır. Lakin β - nın qiyməti çox böyük fərqlə azalır. Bunun səbəbi C_k - tutum müqavimətinin çox olmasıdır. Belə hal tranzistorun işinə böyük təsir göstərir. Bu məsələləri aradan qaldırmaqdan ötrü bazanın ölçülərini azaltmaq lazımdır. Çünki yüksək tezlikli sxemlərdə işləyən tranzistorlar ümumi bazalı tranzistorlar olur. Burada baza hər iki keçid üçün ümumi olduğundan onun ölçülərini kiçiltmək məqsədəuyğundur.

§ 3.16. TRANZİSTORLARIN İŞ REJİMLƏRİ VƏ NÖVLƏRİ

Kollektor və emitter dövrlərinə verilən gərginlikdən asılı olaraq tranzistorlar aşağıdakı iş rejimlərində olur.

1. *Aktiv rejim.* Emitter dövrəsinə düz və kollektor dövrəsinə əks gərginlik verilir. Bu tranzistorun əsas iş rejimi adlanır. Burada kollektor dövrəsinin gərginliyi emitter dövrəsinin gərginliyindən çox olur. Cərəyanlar isə bərabər olur. Odur ki, çıxış gücü giriş gücündən çox olur. Bu xüsusiyyətindən tranzistorlardan gücləndirici qurğularda istifadə olunur.

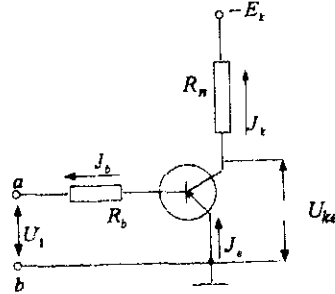
2. *Kəsilmə rejimi.* Hər iki tərəfə əks gərginlik verilir. Odur ki, bu keçidlərdən cüzi cərəyan axır. Bu rejimdə tranzistor demək olar ki, qapalı olur.

3. *Doyma rejim.* Hər iki keçidə düz gərginlik verilir. Çıxış dövrəsində cərəyan maksimum qiymətə çatır. Odur ki, bu rejimdə tranzistor açıq olur.

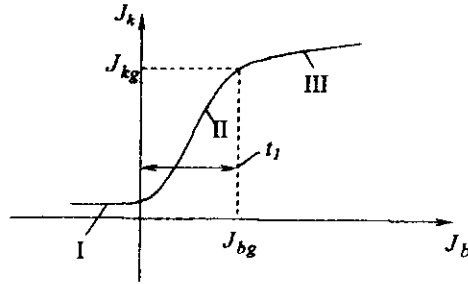
4. *Yerdəyişmə (inversiya) rejimi.* Emitterə əks, kollektora düz gərginlik verilir. Odur ki, emitter kollektorun, kollektor isə emitterin funksiyasını

daşıyır. Bu işə tranzistorun normal işini təmin etmədiyi üçün ondan istifadə olunmur.

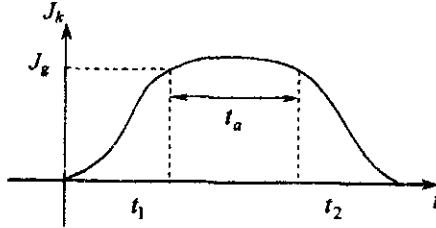
Yuxarıda göstərilən rejimlərin mövcudluğu tranzistorun müxtəlif məqsədlərdə işləməsinə yol açır. Bunu nəzərə alıb tranzistorun açar variantını nəzərdən keçirək.



Şəkilə ümumi emitterli birləşmə sxemi verilmişdir. Yuxarıda qeyd etdik ki, tranzistorun qapalı rejimində onun hər iki tərəfinə əks gərginlik verilməlidir. Odur ki, kollektor emitter dövrəsi mənfi E_k mənbəyinə qoşulur. Girişə isə $u_1 \geq 0$ gərginliyi verilir. Yəni, a nöqtəsinə müsbət gərginlik verilir. b nöqtəsi mənfi yükləndiyindən emitter dövrəsindən cərəyan axmur. Odur ki, $J_k = 0$ alınır. Lakin əgər qütbləşməni dəyişsək, onda baza mənfi yükləndiyindən emitter dövrəsindən cərəyan axmağa başlayacaq. Bu cərəyan bazadan keçərək J_k cərəyanına çevriləcəkdir. Bu cərəyanın qiyməti girişə tətbiq olunan u_1 gərginliyinin tezliyindən və J_b cərəyanının qiymətindən asılıdır. Əgər biz hər hansı f tezliyə malik olan u_1 gərginliyini tranzistorun girişinə tətbiq etsək onda emitter dövrəsində yaranan J_e cərəyanının təsiri ilə bazada olan yüklü hissəciklər kollektor dövrəsinə injeksiya olunacaq. Bu işə müəyyən t_1 müddəti ərzində baş verəcək ki, bu müddətə zərrəciklərin keçid müddəti və ya injeksiya müddəti deyilir. Bu müddət ərzində J_b - cərəyanının artması ilə J_k - da artacaq. Yəni aşağıdakı qrafik də bu əyrinin II hissəsidir.



Ancaq əyrinin III hissəsində J_b cərəyanının artmasına baxmayaraq J_k artmayacaq. Çünki artıq zərrəciklərin injeksiya müddəti bitmiş olacaqdır. Bu haldan sonra axan hər iki cərəyan doyma cərəyanları adlanır. Bu doyma cərəyanlarının axma müddəti tranzistorun açıq qalma müddəti olub, girişə verilən u_1 gərginliyinin qütbləşməsinin dəyişməsindən asılıdır. t_1 müddəti həm də J_b və J_k cərəyanlarının doyma müddəti adlanır. Bu isə u_1 gərginliyinin tezliyindən asılıdır. Əgər tezlik çox olarsa t_1 müddəti azalar. Tranzistorun açılma rejiminə keçməsi zamanı J_k cərəyanının doyma halından sıfıra qədər azalması müəyyən t_2 müddətində baş verir. Bu müddətə tranzistorun açılma müddəti də deyilir. Aşağıdakı qrafikdə tranzistorun açar variantında işlərkən onun J_k cərəyanının zamandan asılılığı göstərilmişdir.

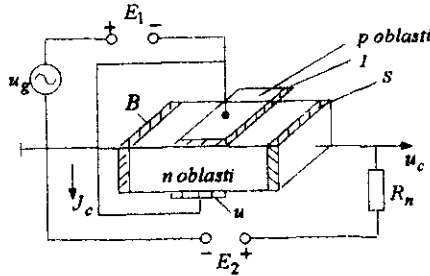


Tranzistorun işləndiyi yerlərin müxtəlifliyindən asılı olaraq onun növləri də müxtəlifdir. Odur ki, tranzistorun bu növləri haqqında ayrı – ayrılıqda məlumat veririk.

§ 3.17. SAHƏ TRANZİSTORU

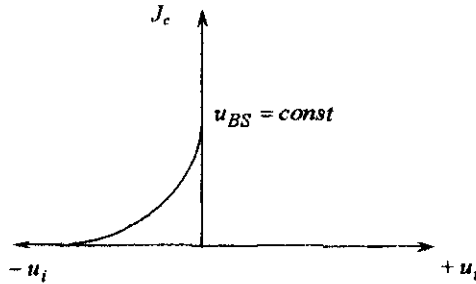
Sahə tranzistoru elə iki $p-n$ keçidli tranzistordur ki, bu zaman $n(p)$ oblastından cərəyan axdıqda iki $p(n)$ oblastları arasında əmələ gələn elektrik sahəsi həmin cərəyana təsir edə bilər.

Sahə tranzistorun konstruktiv sxemi aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.



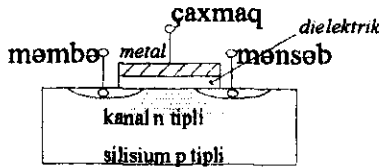
Şəkildə B yüklü hissəciklərin çıxdığı başlanğıc (mənbə) elektrod, C yüklü hissəciklərin çatdığı son (mənsəb) elektroddur. I - işə işəsalma (çaxmaq) elektroddur.

Cərəyan B elektrodundan C elektroduna axır. Əgər BC elektrodları arasına müəyyən E_2 gərginliyi tətbiq etsək, onda bu zaman n oblastından müəyyən J_C cərəyanı axar ki, həmin bu J_C cərəyanının qiyməti əgər $u_{BC} = const$ olarsa I işəsalma (və ya çaxmaq) elektrodlarının yaratdığı elektrik sahəsinin təsirindən asılı olur. Belə ki, I elektrodları E_1 mənbəyinin mənfə qütbünə birləşmiş olarsa, çaxmaq elektrodları arasında yaranan mənfə sahəsinin təsiri ilə $p-n$ keçidlərinin keçiricilik qabiliyyəti azalır. Yəni J_C cərəyanının qiyməti də azalmış olur. Əgər U_1 gərginliyinin qiymətini mənfidən müsbətə doğru azaltsaq, onda yüklü zərrəciklərə təsir edən mənfə sahə zəiflədiyindən J_C cərəyanı artmağa başlayacaq. Bu dediklərimizi aşağıdakı qrafikdə göstərmək olar.



Qrafikdə u_i gərginliyi çıxmaq gərginliyi də adlanır. Bu gərginlik E_1 və u_g mənbələrinin təsiri ilə yaranır.

Çıxış gərginliyi u_c qiyməti isə R_n yük müqavimətinin seçilməsi ilə tənzimlənir. Lakin $R_n = const$ olarsa, onda çıxış gərginliyinin qiyməti u_g gərginliyinin formasına uyğun olaraq tənzimlənəcək. Yuxarıda biz sahə tranzistorunun $p-n$ keçidə malik olan növünü nəzərdən keçirdik. Lakin sahə tranzistorunun bir növü də mövcuddur ki, o da izolə edilmiş çıxmaq növü adlanır. Bu növə bəzən metal – dielektrik – yarımkəçirici də deyilir. Dielektrik əvəzinə metal pası da ola bilər. İndi də bu tip tranzistoru nəzərdən keçirək. Tranzistorun konstruktiv sxemi aşağıdakı kimidir.

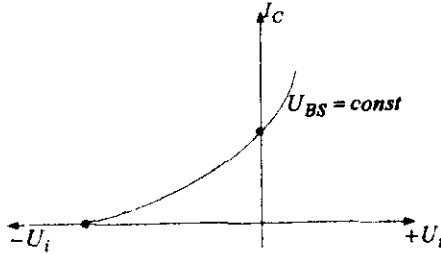


Şəkildən görüldüyü kimi bu tranzistor $n-p-n$ tiplidir. Tranzistorun əsas hissəsi p tipli olan silisium elementidir. n tip isə p tipinə möhkəm lehimlənmişdir. Bunlar məmbə və mənsəb elektrodları ilə əlaqədərdir. Çıxmaq elektrodu isə metal lövhəyə zəif şəkildə lehimlənir. Metal lövhə isə

p tipindən dielektrik vasitəsi ilə ayrılır. Dielektrik kimi silisium iki okseddən (SiO_2) -dən istifadə olunur.

Tranzistorun iş prinsipi belədir. Çaxmağa tətbiq olunmuş gərginliyin istiqamətindən asılı olaraq n tipli kanalda elektronların sayı ya çoxalır, ya da azalır. Məsələn, əgər çaxmaq mənfi gərginliklə yüklənmişsə onda elektronlar kanaldan p tipli silisiumun daxilinə itələnilirlər ki, bu da onların n tip daxilində sayını azaltmış olur. Nəticədə cərəyanın qiyməti də azalır. Lakin müsbət gərginlik tətbiq olunanda əksinə, p tipdə olan elektronlar kanal daxilinə çökülür ki, bu da cərəyanın artmasına səbəb olur.

Metal – dielektrik tipli yarımqeçirici sahə tranzistorun mənşəb cərəyanı ilə çaxmaq gərginliyi arasındakı xarakteristikası, yəni $J_c = f(u_i)$ eyni ilə $p - n$ keçidli sahə tranzistorun xarakteristikası kimidir. Yeganə fərq çaxmaq gərginliyinin müsbət qiymətlərində (yəni $u_i \geq 0$) mənşəb cərəyanının artmasıdır ki, bunu da aşağıdakı qrafikdə görmək olar.



Sahə tranzistorun aşağıdakı parametrləri mövcuddur.

1. Xarakteristikanın dikliyi

$$S = \frac{\Delta J_c}{\Delta u_i} \quad u_{BS} = const$$

2. Kəsmə gərginliyi

Bu, çaxmağa əks gərginliyin verilməsi ilə cərəyan axan kanalın bağlanması deməkdir, yəni, $u_i < 0$ $J_c = 0$

3. Giriş müqaviməti

Bu, çaxmaqla məmbə arasında olan müqavimətdir. Onun qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır

$$R_g = \frac{\Delta u_i}{\Delta J_i}$$

4. Çıxış gərginliyi

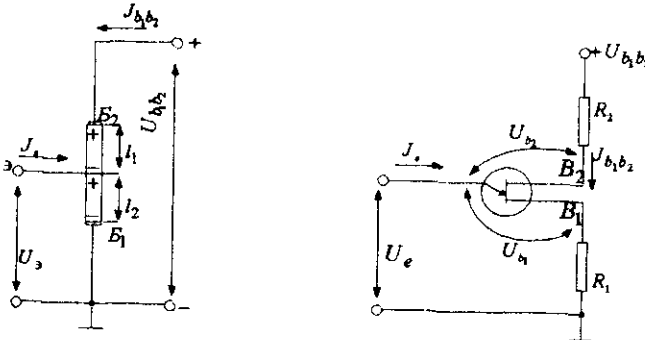
Bu, $u_i = \text{const}$ olanda $R_c = \frac{\Delta u_c}{\Delta J_c}$ kimi hesablanır.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz parametrlərlə yanaşı sahə tranzistorunun üstün cəhətləri mövcuddur ki, bu da ondan bir çox məqsədlər üçün istifadə etməyə imkan verir.

Məsələn, bu tranzistorun məxsusi küylüyü adlanan xüsusi üstün cəhəti vardır ki, bu ondan az küylülüyə malik olan gücləndirici sxemlərdən istifadə etməyə imkan verir. Digər tərəfdən yüksək sıxlığa malik olması onu rəqəm və məntiqi sxemlərdə tətbiq etməyə imkan yaradır.

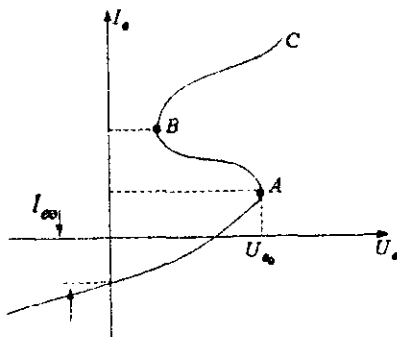
§ 3.18. BİR KEÇİDLİ TRANZİSTOR (İKİ BAZALI DİOD)

Bir keçidli tranzistor, n - tipli silisiumdan lövhəcik şəklində hazırlanır. Həmin lövhəciyin kənarları omik müqavimətlərlə çıxışlara bərkidilir. Lövhəciyin ortasında isə p - n keçidi yaranmış emitter vardır. Hansı ki, bu, lövhəciyi iki hissəyə ayırır. Bu hissələrin uzunluqları $l_1 \ll l_2$ şərti ödənilməklə tranzistorun bazaları rolunu oynayır. Söylədiklərimiz aşağıdakı şəkildə əyani göstərilmişdir.



Həmin şəkildə birkeçidli tranzistorun qoşulma sxemi də verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi tranzistorun B_2 - bazası mənbəyin müsbət, B_1 - bazası isə

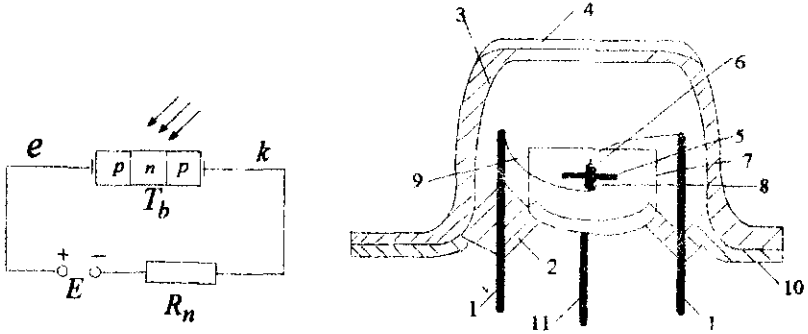
mənfi qütbünə birləşir. Hər iki bazaya tətbiq olunan $u_{b_1 b_2}$ - gərginliyinin təsiri ilə $J_{b_1 b_2}$ -cərəyanı axır. Həmin cərəyan l_1 və l_2 uzunluğa malik olan bazalardan axarkən uzunluqlara uyğun olaraq R_{b_1} və R_{b_2} müqavimətlərində u_{b_1} və u_{b_2} gərginlikləri düşür. Transistorun iş prinsipini araşdırmaqdan ötrü onun $J_e = f(u_e)$ xarakteristikasını nəzərdən keçirək. Xarakteristikadan görünür ki, $u_e < 0$ qiymətlərində emitter keçidindən müəyyən qədər J_{e0} əks cərəyan axır. Əgər u_e gərginliyini müsbət istiqamətə doğru artırısaq, onda bu əks cərəyan azalmağa başlayacaq. u_e gərginliyinin elə u_{e0} qiyməti olur ki, $J_e = 0$ alınır. Bundan sonra u_e artdıqda J_e cərəyanı da artır. Gərginliyin u_{e0} həddindən sonra $p-n$ keçidindən silisium yarımkeçiricisinə dəşiklər injeksiya etməyə başlayır. Nəhayət A nöqtəsinə çatdıqda artıq u_e - gərginliyinin qiymətini artırmadan J_e cərəyanı öz başına artmağa başlayır. Cərəyanın bu cür artımı $p-n$ keçidindən silisium lövhəciyinə keçən yükdaşıyıcıların sayının artmasıdır. Bu zaman emitter keçidinin müqaviməti azaldığından orada düşən u_e gərginliyi də azalacaqdır.



Bu, qrafikin AB hissəsinə aiddir. Qrafikin BC hissəsində isə gərginlik yenidən emitter cərəyanının artması ilə çoxalır. Göründüyü kimi bu tip tranzistorların iş prinsipi tunnel diodunun iş prinsipi ilə uyğun gəlir. Bu xüsusiyyətini nəzərə alaraq birkeçidli tranzistorlardan müxtəlif çevirici sxemlərində istifadə olunur.

§ 3.19. FOTOTRANZİSTOR

Fototranzistorlar e λ iki $p-n$ keçidinə malik olan yarınkeçirici tranzistorlara deyilir ki, onlarda şüanın təsiri ilə keçiricilik yaranır. Belə tranzistorun konstruktiv və birləşmə sxemi aşağıda göstərilmişdir.



Cihazın daxili hissəsində 7 kristal saxlayan yerləşdirilir ki, bunun da daxilində 5 germanium yarı keçiricisi iki tərəfdən indium 6 və 8 yarı keçiricisi ilə lehimlənir. Bunlardan biri emitter, digəri isə kollektordur. Kollektorla emitter 9 çıxışları vasitə ilə 1 ayaqlarına birləşir. Ayaqlar isə 2 şüşə izolyatorlar vasitəsi ilə 3 – germetik korpusa bərkidilir. Hansı ki, onun yuxarı hissəsində 4 – şüşə pəncərəsi var. Kristal saxlayan isə 10 – oturacağı bərkidilir. Həmçinin də onun aşağı hissəsi 11 – baza çıxışı ilə əlaqədərdir. $p-n-p$ tipli fototranzistorda deşiklər bazadan, yəni, n tipindən kollektora, yəni p tipə mənfi elektrik sahəsinin təsiri ilə çəkilir və kollektor cərəyanını artırır. Odur ki, bazada qalmış sərbəst elektronlar emitterdəki deşiklərlə müəyyən elektrik sahəsi əmələ gətirir ki, bu da emitterdəki deşiklərin bazaya keçməsinə və oradan kollektora axmasına şərait yaradır. Odur ki, ən kiçik işıq seli belə düşdükdə bazada olan elektron seli emitterə axıb emitter cərəyanını əmələ gətirirlər.

Əvvəllər fototranzistorlar iki ayaqlı hazırlanırdı. Bu da onları müəyyən qədər fotodioda yaxınlaşdırdı. Ancaq yeganə fərq fototranzistorun fotodioddan daha çox hissiyath olmasından ibarətdir. Ancaq fototranzistorun üçüncü ayağını qoymaqla və müəyyən qədər elektrik signalı verdikdə hissiyathlığını bir az da artırmaq olur. Müqayisə üçün qeyd edək ki, fototranzistorun hissiyathlığı $10 - 20 \text{ MA/lm}$ (milli amper/lümen) - dir. Fototranzistorun aşağıdakı parametrləri var.

1. Qaranlıq cərəyanı J_q - fototranzistora işıq düşməyən vaxt onun çıxışlarına tətbiq olunmuş gərginlik nəticəsində axan cərəyandır.

2. Işıqlanma cərəyanı J_i - işıqlanma zamanı və çıxışlara tətbiq olunmuş gərginlik nəticəsində axan cərəyandır.

3. İnteqral hissiyathlıq S_{int} - işıqlanma zamanı fototranzistordan axan cərəyanla işıq seli arasındakı münasibətdir.

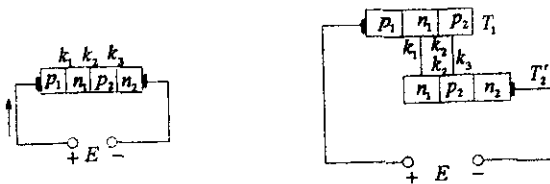
4. Ən böyük səpələnmə gücü P_s - uzunmüddətli istismar zamanı cihazın buraxıla bilən gücüdür.

Fototranzistorlar müxtəlif avtomatik qurğularda elektron hesablama maşınlarının giriş-çıxış sxemlərində, kinofotoaparatlarda, fototeleqrafda, ultrabənövşəyi və infraqırmızı şüalanmanın qeydiyyatında və optik elektronikada istifadə olunur.

§ 3.20. TRİSTORLAR

Tristor - dörd təbəqəli yarımkəçirici cihazdır. Tristorlar $p_1 - n_1 - p_2 - n_2$ və $n_1 - p_1 - n_2 - p_2$ tipli olurlar. İki cür tristor - diod - tristoru, triod tristoru vardır. Diod - tristoru və ya dinistor iki çıxışlı, triod - tristoru və ya trinistor üç çıxışlı olur.

Adi diod - tristorun sxemini nəzərdən keçirək.



Sxemdən görüldüyü kimi dinistorun üç $K_1K_2K_3$ keçidi var. Əgər bu dinistoru iki ardıcıl qoşulmuş tranzistor şəkilinə salsaq, onda birinci tranzistorun K_1K_2 keçidləri, ikinci tranzistorun K_2K_3 keçidləri mövcud olacaqdır.

Sxemdən görüldüyü kimi T_1 tranzistorun n_1 baza cərəyanı, T_2 tranzistorun n_1 kollektor cərəyanına, T_1 tranzistorun p_2 kollektor cərəyanı, T_2 - tranzistorun p_2 baza cərəyanına bərabər olacaqdır yəni

$$J_{b_1} = J_{k_2}, \quad J_{k_1} = J_{b_2} \quad (1)$$

Bilirik ki,

$$\frac{J_{k_1}}{J_{b_1}} = \beta_1 \quad \text{və} \quad \frac{J_{k_2}}{J_{b_2}} = \beta_2 \quad (2)$$

(1) və (2) münasibətlərindən aşağıdakıları yaza bilirik

$$\beta_1 = \frac{J_{k_1}}{J_{k_2}}, \quad \beta_2 = \frac{J_{k_2}}{J_{k_1}}$$

Əgər biz bu iki ifadəni bir – birinə vursaq onda

$$\beta_1 \cdot \beta_2 = 1$$

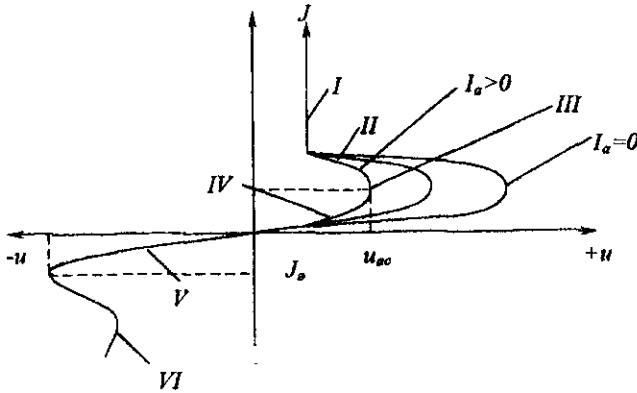
alınar. Deməli, $\beta_1 = \frac{1}{\beta_2}$ və ya $\beta_2 = \frac{1}{\beta_1}$ alınar.

Yəni birinci tranzistorun cərəyanına görə gücləndirmə əmsalı ikinci tranzistorun cərəyanına görə gücləndirmə əmsalının əksidir və əksinə. İkinci tranzistorun gücləndirmə birinci tranzistorun gücləndirmə əmsalının əksidir. Bunu izah edək.

Tutaq ki, T_1 tranzistorun p_1 emitterinə müsbət gərginlik tətbiq olunub, bu zaman n_1 bazasında olan elektronlar p_1 oblastına axacaq və n_1 oblastının K_2 keçidində müsbət dəşiklər qalacaq. Bu zaman T_2 tranzistorun n_2 emiterinə mənfi gərginlik tətbiq olunur. Nəticədə p_2 bazasından dəşiklər n_2 oblastına axıb K_2 keçidinin p_2 oblastını mənfi yükləmiş olurlar. Deməli, K_2 keçidi müəyyən elektrik sahəsinin təsiri altında olacaq. Bu sahənin təsiri hansı tərəfə güclü olarsa, o tərəfdən əks cərəyan axacaq. Tətbiq olunan gərginliklərin əks istiqamətdə qiymətə azalmasını təmin etsək bu zaman mənfi gərginlik olan tərəfdə əks cərəyan sıfır qədər azalmağa başlayacaqdır. Müsbət gərginlik tərəfdə isə əksinə, cərəyan sürətlə artmağa başlayacaq. Bunun səbəbi yüklü hissəciklərin yenidən sahələrin zəifləməsi ilə əvvəlki vəziyyətə qayıtması və K_2 keçidinin açılmasıdır. K_2 keçidinin açılma prosesini daha da tezləşdirmək üçün həmin keçidin n_1 və ya p_2 oblastına

çıxış qoyulur. Hansı ki, həmin çıxışa tətbiq olunmuş gərginliyin qiymət və istiqaməti K_2 keçidinin tez və ya gec açılmasını təmin edir. Belə cihaz artıq diod – tristor deyil, triod – tristor adlanacaq.

Yuxarıda qeyd etdiklərimizi tristorun volt -amper xarakteristikasında görmək olar.



Qrafik aşağıdakı hissələrdən ibarətdir.

1. Cihazın açılma vəziyyəti
2. Cihazın açılmaya doğru olan vəziyyəti
3. Cihazın $p - n$ keçidinin açılma vaxtına uyğun gələn vəziyyəti
4. Cihazın bağlı olan müddətindəki vəziyyəti
5. Əks cərəyanın azalması vaxtı cihazın vəziyyəti
6. Əks gərginliyin maksimal qiymətinə uyğun olaraq əks cərəyanın axma müddətindəki cihazın vəziyyəti.

Tristorun aşağıdakı parametrləri mövcuddur:

1. Qoşulma gərginliyi u_q bu cərəyanın birdən artması halına uyğun gələn gərginlikdir
2. Qoşulma cərəyanı I_q qoşulma gərginliyin tətbiq olunması zamanı axan cərəyandır
3. Açılma cərəyanı I_a cihaz qoşulduqda ondan axan ən az cərəyandır
4. İdarə cərəyanı J_i - cihaz qapalı vəziyyətdən açıq vəziyyətə keçərkən idarəedici elektrodan axan ən az cərəyandır
5. Sızma cərəyanı J_s - cihazın qapalı vəziyyətində axan cərəyandır

6. Qalıq gərginliyi u_{qal} - cihazın açıq vəziyyətində nominal cərəyana uyğun gələn gərginlik
7. Düz gərginlik u_d - cihaza tətbiq olunan maksimal düz gərginlik
8. Əks gərginlik u_e cihaza tətbiq olunmuş maksimal əks gərginlik
9. Qoşulma müddəti t_q açma gərginliyi tətbiq olunan müddət
10. Bağlanma müddəti t_b bağlanma gərginliyi tətbiq olunan müddət.

§3.21 TRANZİSTORLU GÜCLƏNDİRİCİLƏR

Hər hansı çıxış parametrini giriş parametrinə münasibətdə artıran qurğuya gücləndirici deyilir. Elektronikada gücləndirilən parametr elektrik siqnalları olduğu üçün bu siqnalların növündən asılı olaraq üç növ gücləndiricilər mövcuddur:

1. Aşağı tezlikli gücləndiricilər
2. Sıfır tezlikli (sabit cərəyan) gücləndiriciləri
3. Aşağı tezlikli gücləndiricilər

Bu gücləndiriciləri araşdırmazdan əvvəl gücləndiricilərin ümumi parametrləri haqqında məlumat verək.

1. Gücləndirmə əmsali

Gərginliyə, cərəyana və gücə görə güclənmə əmsali mövcuddur.

Gərginliyə görə güclənmə əmsali çıxış gərginliyinin giriş gərginliyə olan

$$\text{nisbətidir } K_u = \frac{u_c}{u_g}.$$

Cərəyana görə güclənmə əmsali çıxış cərəyanının giriş cərəyanına

$$\text{nisbətidir } K_J = \frac{J_c}{J_g}.$$

Gücə görə güclənmə əmsali isə gərginlik və cərəyana görə güclənmə əmsalının hasilidir

$$K_p = K_u \cdot K_J.$$

Yuxarıda hesablanmış əmsallar ölçü vahidi olmayan əmsallardır. Lakin bir çox hesabatlar zamanı gücləndirmə əmsalının ölçü vahidi detsibel kimi ifadə olunur. Detsibel loqarifmik ifadələrə əks olunan kəmiyyətdir, yəni

$$1Db = 20 \lg K_u = 20 \lg K_J \quad (1)$$

Onda $K_u = 10^{\frac{1Db}{20}} = 1,12$ alınır. Gücün güclənmə əmsalı detsibellə ifadə olunarsa

$$1Db = 10 \lg K_p$$

Buradan $K_p = 10^{\frac{1Db}{10}} = 1,59$ alınır.

Əgər gücləndirici bir neçə kaskaddan ibarət olarsa, onda ümumi güclənmə əmsalı aşağıdakı kimi hesablanacaq

$$K_{\text{um}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n \quad (2)$$

Güclənmə əmsalı detsibellə hesablanarsa çox kaskadlı gücləndirici üçün ümumi güclənmə əmsalı aşağıdakı kimi olar

$$K_{Db} = K_{1Db} \cdot K_{2Db} \cdot \dots \cdot K_{nDb} \quad (3)$$

2. *Giriş və çıxış müqaviməti.* Gücləndiricinin giriş müqaviməti onun girişinə tətbiq olunmuş gərginliklə, həmin gərginliyin nəticəsində axan cərəyanın nisbəti ilə hesablanır, yəni

$$R_g = \frac{u_g}{J_g} \quad (4)$$

Giriş gərginliyi kimi generatorun gərginliyi, giriş cərəyanı kimi isə generatorun daxilindən axan cərəyanını götürmək olar.

Çıxış müqaviməti isə çıxışda alınan gərginliklə, çıxışa yük qoşulan vaxt axan cərəyanın nisbəti ilə hesablanır

$$R_{\zeta} = \frac{u_{\zeta}}{J_{\zeta}} \quad (5)$$

3. *Çıxış gücü.* Gücləndiricinin çıxış gücü əsasən çıxış gərginliyi ilə yük müqavimətindən aslıdır. $P_{\zeta} = \frac{u_{\zeta}^2}{R_n}$. Çıxış gərginliyinin qeyri – xəttiliyi çıxış gücünün də qeyri – stabilliyinə səbəb olur. Bu məqsədlə çıxış gücünü hesablayarkən gərginliyin maksimal qiyməti götürülür, yəni $u_{\zeta} = u_{\zeta m}$ odur ki, bu cür hesablanan güc nominal güc adlanır.

4. *Faydalı iş əmsalı.* Bu çıxış gücü ilə gücləndiricinin tələb etdiyi gücün nisbi faizidir, yəni

$$\eta = \frac{P_{\xi}}{P_0} \cdot 100\% \quad (6)$$

5. *Nominal giriş gərginliyi (hissiyatlılıq)*. Gücləndiricinin girişinə verilən gərginlik nə qədər az olarsa, çıxış gərginliyi tələb olunan miqdarda alınarsa bu zaman gücləndiricinin hissiyatlılığı çox olar. Lakin giriş gərginliyi nominal qiymətdən çox olarsa, onda çıxış gərginliyi də həddən çox artar. Bu hala giriş tərəfdən artıq yüklənmə halı deyilir. Bu zaman gücləndiricinin hissiyatlılığı pozulur və çıxışda təhrif alınır.

6. *Gücləndirilən tezliyin diapazonu*. Buna buraxma zolağı da deyilir. Bu elə bir diapazondur ki, bu diapazonda işləyən gücləndiricinin güclənmə əmsalı nəzərə çarpacaq dərəcədə artmır. Bunu aşağıdakı ifadədən aydın görmək olar

$$K_u = \frac{K_{u_0}}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega\tau}}} \quad (7)$$

burada K_{u_0} - tezlik sıfıra bərabər olan halda gücləndirmə əmsalı, ω - gücləndirilən tezliyin orta qiyməti, τ - zaman sabitidir.

7. *Gücləndiricinin öz - özünə maneəsi*. Nəzərə olsaq ki, gücləndirilən siqnalla bərabər hər hansı digər bir element də güclənir, bu zaman həmin element gücləndiricinin maneəsi olacaqdır. Həmin manəə elementi əsasən üç cür olur.

1. istilik maneəsi
2. gərginliyin pulsasiya maneəsi
3. gücləndirici elementlərin maneəsi.

İstilik maneesinə misal olaraq yarımqeçirici cihazların istilikdən keçiriciliklərinin dəyişməsini göstərmək olar. Belə ki, istilik artdıqca cərəyanda iştirak edən yüklü hissəciklərin bir hissi xaotik hərəkətə qayıdır ki, bu da əsas cərəyana manəçilik törətmiş olur.

Gərginliyin pulsasiyası isə çıxışda olan gücləndirilmiş gərginliyin azalmasına səbəb olur, hətta gərginlik sabit olsa belə.

Gücləndirici elementlərin maneəsi dedikdə, gücləndirici sxemdə istifadə olunan cihazların xarakterinə görə onların yaratdıqları manəələr nəzərdə tutulur. Bu isə cihazın istehsal olunduğu yarımqeçirici materialın

xüsusiyyətindən aslı olaraq çıxış parametrimin normadan fərqli olması deməkdir.

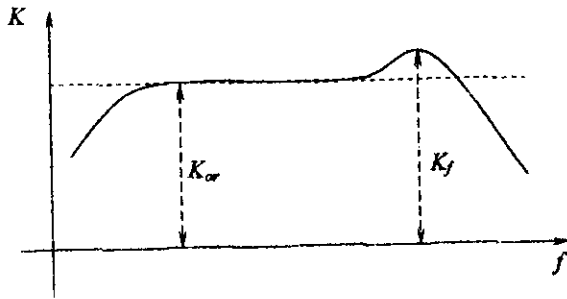
8. *Gücləndiricilərdə təhrif.* Gücləndiricidə üç cür - qeyri - xətti, tezlik və faza təhrifi olur. Qeyri - xətti dedikdə gücləndiricinin girişinə verilən hər hansı qeyri - xətti (məsələn sinisoidal gərginlik) signalın çıxışda təhrif olunması nəzərdə tutulur. Bu cür təhrifi sxemdə olan qeyri - xətti elementlər (məsələn transformator, drossel kimi) yaradır.

Qeyri-xətti təhrifin dərəcəsini qeyri-xətti təhrif əmsalı ilə qiymətləndirirlər. Bu əmsal aşağıdakı kimi hesablanır

$$K_{qx} = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1}} \cdot 100\% \quad (8)$$

burada P_1, P_2, \dots, P_n çıxışdakı güclərin harmoniyalarıdır.

Tezliyə görə təhrif sxemdə olan reaktiv elementlərin hesabına baş verir. Geniş tezlik zolaqlarında reaktiv müqavimətin tezlikdən asılılığı sabit gücləndirmə əmsalının alınmasına imkan vermir. Tezliyə görə təhrifi müəyyən etmək üçün amplitud-tezlik xarakteristikasından istifadə olunur, hansı ki, aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Qrafikdən görüldüyü kimi tezliyin müəyyən qiymətlərində gücləndirmə əmsalı artır. Həmin artımı qeyd etmək üçün tezliyə görə təhrif əmsalından istifadə olunur.

$$M = \frac{K_{or}}{K_f} \quad (9)$$

Əmsal detsibellə işarə olunarsa, aşağıdakı kimi hesablanır

$$M_{db} = 20 \lg \frac{K_{or}}{K_f} \quad (10)$$

Harada tezliyə görə təhrif var, orada faza təhrifi də olur. Çünki giriş verilən siqnalla çıxış siqnalı arasında müəyyən faza sürüşməsi baş verir. Məsələn başlanğıc bucağı φ_b olan u_g gərginliyi aşağıdakı kimi ifadə olunarsa

$$u_g = u_{gm} \cdot \sin(\omega t + \varphi_b) \quad (11)$$

onda çıxış gərginliyi

$$u_c = u_{cm} \cdot \sin(\omega t + \varphi_b + \psi) \quad (12)$$

burada ψ - gücləndiricinin yaratdığı faza bucağıdır ki, ona faza təhrif bucağı deyilir. Faza təhrif bucağı tezlikdən asılı olduğu üçün onu aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$\psi = t_g \cdot \omega$$

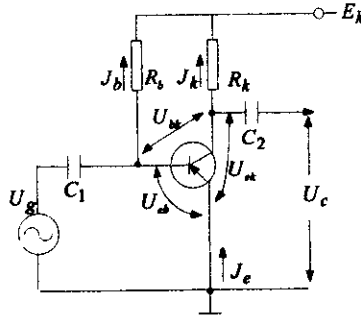
burada t_g - gecikmə müddəti adlanır. Bu müddət çıxış siqnalının giriş siqnalına görə gecikməsidir.

§ 3.22. GÜCLƏNDİRİCİ SXEMLƏR

Qeyd etdik ki, gücləndiricilər üç növ olur. Odur ki, onları ayrı ayrılıqda araşdıraq:

1. *Alçaq tezlikli gücləndiricilər.* Alçaq tezlik dedikdə, sıfırdan yuxarı 20 khs - ə qədər tezliklər nəzərdə tutulur. Çünki bu tezliklər insan qulağının eşitmə diapazonu daxilindədir. Yəni insan qulağı bu tezlikli dalğaları qəbul edir. Alçaq tezlikli gücləndirici isə bu tezliyə malik olan gərginlik və ya cərəyanı gücləndirir. Giriş verilən siqnalları aşağıdakı qurğular yarada bilər. Bunlar mikrafon, səsiyğan, fotoelement, termocüt, detektor və i.a. ola bilər. Çıxış siqnalı isə aşağıdakı qurğuları işlətməlidir. Bunlar ucadan danışan, ölçü cihazı, maqnitofonun yazan başlığı (ролювка) növbəti gücləndirici, osilloqraf və i.a. ola bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, giriş siqnalı o qədər kiçik olur ki, onu bir kərə gücləndirib çıxış qurğusuna vermək mümkün olmur. Odur ki, alçaq tezlikli gücləndiricilər bir neçə hissədən ibarət olur ki, onlara da kaskad deyilir. Son kaskaddan əvvəlki kaskadlara əvvəlinci kaskadlar deyilir. Alçaq tezlikli gücləndirici bir neçə ilkin (əvvəlinci) kaskadlardan bir çıxış kaskadından ibarətdir.

İlkin kaskadlar bir neçə tipdə yığıla bilər. Ən çox istifadə olunan rezistorlu kaskadlardır. Aşağıdakı şəkildə gücləndirici rolunda ümumi emitterli tranzistor olan rezistorlu kaskad verilmişdir.



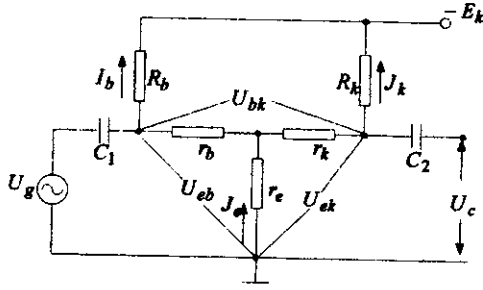
Şəkildən görüldüyü kimi üç gərginlik dövrəsi mövcuddur.

1. $u_g = u_{c_1} - u_{eb}$
2. $u_{bk} = -u_{R_b} + u_{R_k}$
3. $E_k = u_{R_k} + u_c$

u_{c_1} - C_1 kondensatorunda düşən gərginlikdir, çox kiçik olduğundan nəzərə almasaq onda $u_g = u_{eb}$. İkinci ifadədən $u_{R_k} = u_{R_b} + u_{b_k}$ bunu üçüncü düsturda yerinə yazsaq alarıq

$$E_k = u_{R_b} + u_{b_k} + u_c \quad (a)$$

Bu tənlikdə u_{b_k} və u_c - tranzistora aid olan gərginliklərdir. $u_c = u_{c_k} + u_{c_2}$ kimi hesablanır. Amma u_{c_2} - C_2 kondensatorunda düşən gərginlikdir və çox kiçik olduğundan nəzərə almasaq, onda $u_c = u_{ek}$ alınır. Yuxarıdakı sxemi araşdırmaq üçün ümumi emitterli tranzistorun ekvivalent sxemini çəkirik.



Tranzistorun ekvivalent sxemindəki gərginliklər aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$1) u_{eb} = u_{r_b} + u_{r_e}$$

$$2) u_{bk} = u_{r_b} - u_{r_k}$$

$$3) u_{ek} = u_{r_k} + u_{r_e}$$

2) ilə 3)-ü toplayaraq $u_{bk} + u_{ek} = u_{r_b} - u_{r_k} + u_{r_k} + u_{r_e} = u_{r_b} + u_{r_e}$.

1)-dən $u_{r_e} = u_{eb} - u_{r_b}$ bunu yuxarıda yerinə yazaraq

$$u_{bk} + u_{ek} = u_{r_b} + u_{eb} - u_{r_b} = u_{eb}$$

(a) ifadəsində $u_c = u_{ek}$ yazsaq və $u_{bk} + u_{ek} = u_{eb}$ əvəzləməsi aparsaq, alırıq

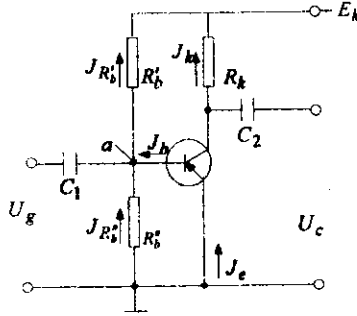
$$E_k = u_{R_b} + u_{eb} \quad (b)$$

(b) ifadəsindən $u_{R_b} = E_k - u_{eb}$ və ya

$$R_b = \frac{E_k - u_{eb}}{J_b}$$

alınar. Bu ifadə baza dövrəsinə qoşulmuş müqavimətin hesablanması təmin edir. Belə ki, R_b - müqaviməti baza - cərəyanının paylaşdığı (fiksasiya) üçün gücləndiricinin lazım olan iş rejimini almaq mümkün olur. Odur ki, bu sxemin adı baza cərəyanının fiksasiya sxemidir. Bu sxemin bir mənfi xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, tranzistorun istilik rejimi böyük hədlərdə dəyişərsə, gücləndirici dayanıqsız rejimdə işləməyə başlayır. Yəni onun gücləndirmə xüsusiyyəti azalır. Odur ki, baza cərəyanının fiksasiya sxemindən az istifadə olunur.

Daha effektiv sxem bazada toplanan gərginliklərin fiksasiya sxemidir ki, o da aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemdən görüldüyü kimi baza cərəyanı iki yerə bölünmüşdür. Yəni, $J_b = J_{R_b'} - J_{R_b''}$. Bölüşdürücü müqavimətlər aşağıdakı kimi hesablanır

$$R_b' = \frac{E_k - u_{eb}}{J_{R_b'}} \text{ və } R_b'' = \frac{u_{eb}}{J_{R_b''}}$$

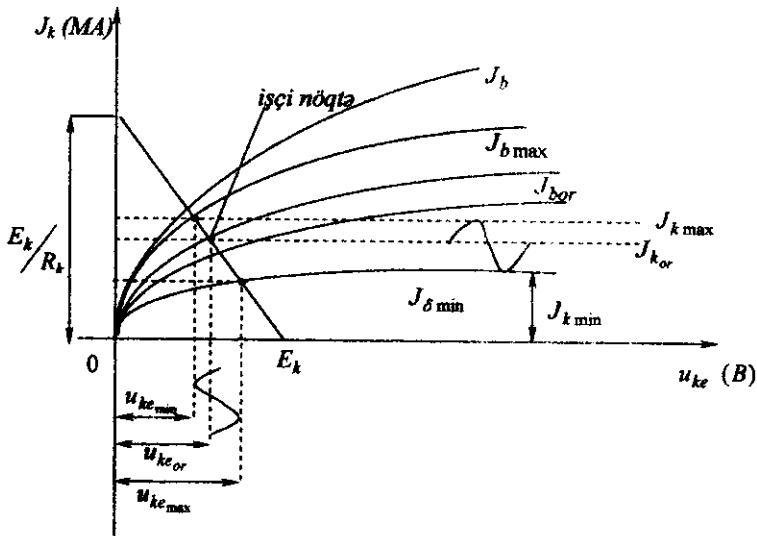
Sxemdə bu iki müqavimət bir – birinə paralel qoşulduğu üçün onların cəmi tranzistorun və ümumiyyətlə isə kaskadın giriş hissəsinin müqavimətini verəcək, yəni

$$R_g = \frac{R_b' R_b''}{R_b' + R_b''}$$

Baza cərəyanı məlum olarsa R_b'' müqavimətindən axan $J_{R_b''}$ - cərəyanının qiyməti, $J_{R_b''} = J_b (2 \div 5)$ kimi hesablanır. $J_{R_b'} = J_b + J_{R_b''}$ bu isə R_b' müqavimətindən axan cərəyanın qiyməti olacaqdır.

Tranzistorlu gücləndiricilərin sxemini yığarkən volt – amper xarakteristikasındakı işçi nöqtəsinin təyin olunması və onun stabil vəziyyətdə qalması əsas şərtidir. Bu isə tranzistorun istilik rejiminin düzgün seçilməsindən aslıdır. Bunun üçün R_b' və R_b'' müqavimətlərindən başqa sxemdə emitter dövrəsinə ardıcıl R_e müqaviməti və R_e müqavimətinə paralel C_e kondensatoru qoşulur. Çünki hər hansı səbəbdən məsələn temperaturun artmasından J_k - kollektor cərəyanı artmış olarsa, bu, $J_e = J_b + J_k$ ifadəsinə əsasən J_e cərəyanının artması deməkdir. Həmin bu cərəyan R_e müqavimətindən axan zaman azalacaq və nəticədə J_k cərəyanı da azalmış olacaqdır. Əksinə əgər J_k azalmış olarsa bu zaman u_{be} gərginliyinin artması nəticəsində baza cərəyanı artır ki, bu da kollektor cərəyanının artması

deməkdir. Tranzistorun volt amper xarakteristikasında işçi nöqtənin tapılması üçün tranzistorun çıxışında gücləndirilmiş gərginliyin maksimum və minimum qiymətləri arasında orta qiymət tapılır. Sonra bu qiymət xarakteristikada işçi xətlə J_b cərəyan ayrılarının kəsişmə nöqtəsi ilə tutuşdurulur. Həmin nöqtəyə uyğun gələn J_k cərəyanı stabil gücləndirilmiş cərəyan adlanır. Yuxarıda deyilənləri görmək üçün tranzistorun volt amper xarakteristikasına nəzər yetirək.



Qrafikdən göründüyü kimi $u_{ke \max} - u_{ke \min} = u_{ke \text{ or}}$. Cərəyan oxunda E_k/R_k , qiymətini gərginlik oxunda isə E_k - ni tapıb yük xəttini çəkirik. $u_{ke \text{ or}}$ qiymətini gərginlik oxunda tapıb həmin nöqtədən yük xəttini kəsməklə gərginlik oxuna perpendikulyar çəkirik. Kəsişmə nöqtəsindən cərəyan oxuna çəkilən perpendikulyar xətt kollektor cərəyanının orta qiymətidir. Həmin cərəyanın maksimum və minimum qiymətləri isə $u_{ke \max}$ və $u_{ke \min}$ qiymətlərinə uyğun olan yük xəttindəki nöqtələrdən cərəyan oxuna perpendikulyar çəkilən xətlərin J_k oxu ilə kəsişən nöqtələridir.

Aлчаq tezlikli gücləndiricilərdə istifadə olunan ilkin kaskadlar müxtəlif şəkildə yığıla bilər. Bu əsasən tezliyin diapazonundan və gücləndiricinin hansı məqsədlər üçün istifadəsindən asılıdır. Gələcəkdə bu gücləndiricilər

haqqında ayrıca bir ədəbiyyat buraxmaq arzusundayıq. Odur ki, mövzümüzü burada tamamlayıb elektronikada özünə məxsus yeri olan sabit cərəyan gücləndiriciləri haqqında məlumat veririk.

2. Sabit cərəyan (sıfır tezlikli) gücləndiriciləri. Sabit cərəyan gücləndiriciləri bir çox yerlərdə, o cümlədən, təzyiğin, temperaturun, işıq selinin, gücün faza sürüşməsinin və s. qiymətlərinin qeydə alınması sxemlərində istifadə olunur. Bundan başqa bu gücləndiricilərdən elektron hesablama maşınlarında, tibbdə, ölçü texnikasında və nüvə fizikasında istifadə olunur.

İki növ sabit cərəyan gücləndiricisi (SCG) mövcuddur.

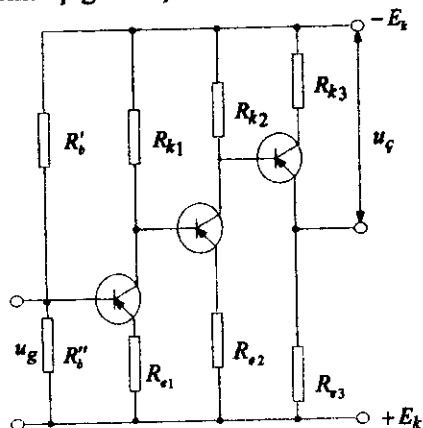
1. Bir dəfəyə güclənən SCG

2. Dolayısı yolla (dəyişən cərəyana çevrilməklə) güclənən SCG

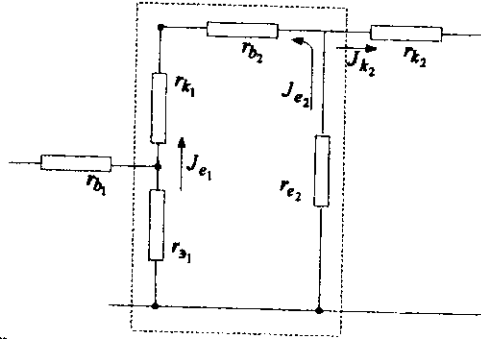
İkinci növ SCG - haqqında növbəti paragraflarda elektrik rəqslərinin modulyasiyası zamanı məlumat veriləcəkdir. İndi isə birinci növ SCG - ni nəzərdən keçirək.

Əvvəla qeyd etmək lazımdır ki, zəif elektrik siqnallarını gücləndirməkdən ötrü bir kaskadın olması yetərli deyil. Bunun üçün bir-birinə ardıcıl qoşulmuş bir neçə kaskad olur. Bu cür birləşmə zamanı kaskadlar arasında heç bir əlavə element (məs, transformator, rele, kondensator və s.) olmur. Yəni kaskadlar bir-birinə birbaşa birləşirlər, bir növ akumulyator batareyaları birləşən kimi. Odur ki, bu birləşmə növünə qalvanik birləşmə deyilir.

Qalvanik birləşmənin sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxem üç kaskadlıdır. Hər kaskadda emitter və kollektor dövrələrində müqavimətlər birləşdirilmişdir. R_e müqavimətlərinin birləşdirilməsinin əsas səbəbi sonrakı kaskadların bazalarına əvvəlki kaskadların kollektor cərəyanlarının təsirinin qabağının alınmasından ibarətdir. Yəni ikinci kaskadın R_e müqaviməti əvvəlki kaskadın R_e müqavimətindən böyük olmalıdır. Odur ki, gərginliklər əksinə, birincidə çox, ikincidə az olacaq. Bunu riyazi göstərmək üçün iki kaskadın ekvivalent sxemini çəkək.



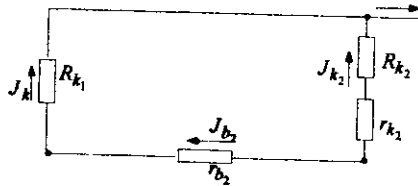
Ştixin içərisindəki dövrəyə nəzər yetirsək aşağıdakı tənliyi yazmaq olar. Gərginliklərə görə

$$u_{re1} + u_{rk1} - u_{rb2} - u_{re2} = 0.$$

buradan

$$u_{re2} = u_{re1} + u_{rk1} - u_{rb2} \quad (1)$$

Bu o deməkdir ki, $u_{re1} > u_{re2}$. Cərəyanlar isə $J_{e1} = \frac{u_{e1}}{r_{e1}}$ və $J_{e2} = \frac{u_{e2}}{r_{e2}}$. Kollektor dövrələrində olan R_k - müqavimətlərində düşən gərginlikləri tapmaq üçün kollektor dövrəsinin ekvivalent sxemini çəkirik.



Gərginliyə görə, $u_{Rk1} - u_{Rk2} - u_{Rk2} + u_{Rb2} = 0$. Buradan $u_{Rk2} = u_{Rk1} + u_{Rb2} - u_{Rk2}$. Bu o deməkdir ki, $u_{Rk2} > u_{Rk1}$. Buradan da belə nəticə çıxartmaq olar ki, kollektor dövrələrinə qoşulmuş R_k müqavimətləri sonrakı əvvəlkindən kiçik olmaq şərti ilə dəyişir.

Çox kaskadlı sabit cərəyan gücləndiricilərinin bir mənfi xüsusiyyəti var ki, o da giriş siqnalının kiçik dəyişməsi ilə, hətta tranzistorların parametrlərinin və digər elementlərin parametrlərinin dəyişməsi ilə çıxışda gərginliyin dəyişməsindən ibarətdir. Bu da gücləndiricinin stabil rejimdə işləməsini təmin etmir. Bu hadisəyə sıfır dreyfi deyilir. Sıfır dreyfi gücləndiricinin ümumi güclənmə əmsalını azaldır. Oudur ki, sıfır dreyfinə görə güclənmə əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$K = \frac{\Delta u_{dç}}{\Delta u_{dç}}$$

burada $\Delta u_{dç}$ - çıxış gərginliyinin sıfır dreyfi, $\Delta u_{dç}$ - giriş gərginliyinin sıfır dreyfidir. Burada

$$\Delta u_{dç} = \frac{u_{ç \max} - u_{ç \min}}{2} \quad \text{və} \quad \Delta u_{dç} = \frac{u_{g \max} - u_{g \min}}{2}$$

kimi hesablanır.

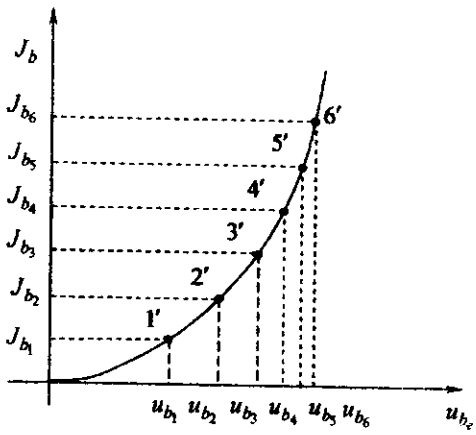
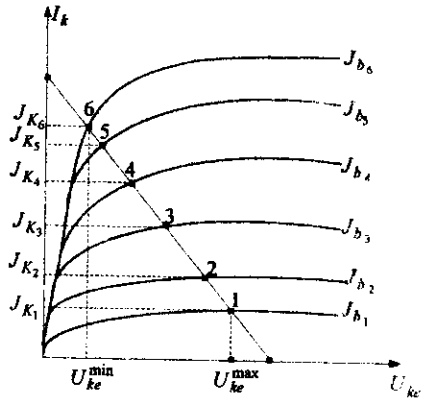
Sıfır dreyfini aradan qaldırmaqdan ötrü stabilləşmiş qida mənbələrindən, sxemdə isə kiçik temperatur əmsallı müqavimətlərindən və xüsusi seçmə yolu ilə əldə olunmuş kiçik cərəyanlı tranzistorlardan istifadə olunur.

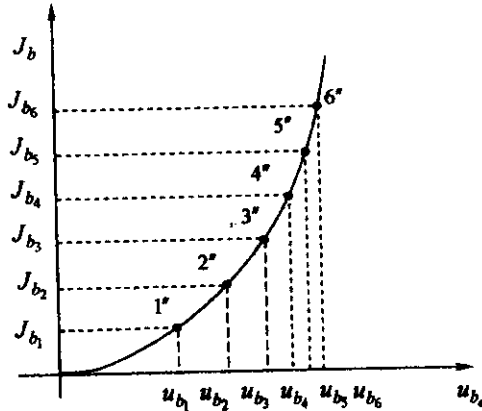
Bundan başqa xüsusi balanslaşdırıcı kaskadlardan da istifadə olunur. Hansı ki, bu haqda gələcək bölmədə xüsusi məlumat veriləcəkdir.

§ 3.23. TRANZİSTORLU ÇIXIŞ KASKADLARI

Tranzistorlu alçaq tezlikli gücləndiriciləri araşdırarkən qeyd etmişdik ki, ilkin kaskadlardan sonra çıxış kaskadı gəlir ki, o da çıxış yükünə siqnalın verilməsi üçün lazımdır. Əgər çıxış yükü ilə ilkin kaskadlar arasında çıxış kaskadı olmazsa, o zaman ilkin kaskadlarda yığılıb qalmış təhriflər birbaşa yükə veriləcək ki, bu da gücləndiricinin faydalı iş əmsalını aşağı salacaqdır. Bunu nəzərə alaraq kiçik güclü çıxış kaskadlarında əvvəlinci kaskadlarda istifadə olunan tranzistorlardan, böyük güclü çıxış kaskadlarında isə xüsusi güclü tranzistorlardan istifadə olunur. Bunu nəzərə alaraq, biz ilk növbədə

tranzistorun yük karakteristikasından istifadə edib onun dinamik keçid karakteristikasını qururuq. Bu xarakteristika kollektor cərəyanı ilə baza, emitter gərginliyi arasında olan münasibətdir. Yəni $J_k = f(u_{be})$. Aşağıdakı şəkildə yük karakteristikası və dinamik keçid karakteristikası verilmişdir.

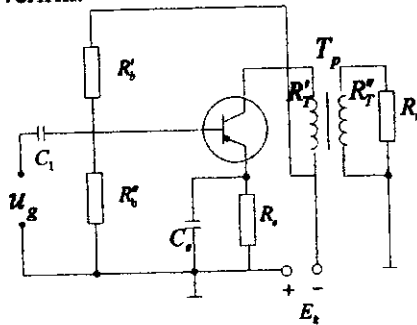


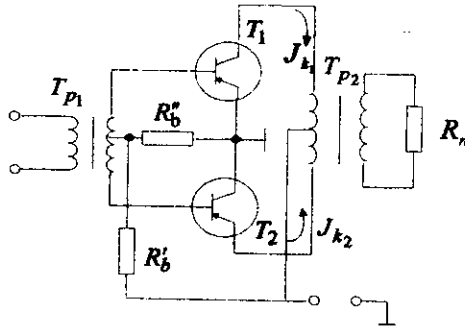


Yük karakteristikasında yük xətti ilə $J_k = (u_{k_e})$ əyrilərinin kəsişdiyi nöqtələrə uyğun olan J_k - ları ordinat oxundan (yəni J_k oxundan) tapırıq. Sonda tranzistorun giriş karakteristikasına çəkirik. Yəni $J_b = f(u_{be})$. Bu karakteristikada J_b - lərə uyğun olan u_{be} - ləri tapırıq. Bundan sonra üçüncü karakteristikamı qururuq.

u_{be} - absis oxunda J_k ordinat oxunda qeyd olunur. Kəsişmə nöqtələrinin birləşməsindən alınan qrafik dinamik keçid karakteristikasını verəcəkdir. Dinamik keçid karakteristikasının qurulmasında məqsəd çıxış kaskadlarında giriş parametri ilə çıxış parametri arasında olan əlaqəni öyrənməkdir.

Çıxış kaskadları iki cür sxemdə yığılır. Bunlar sxemdə iştirak edən tranzistor və transformatorların sayına görə birtaklı və ikitaklı olur. Hər iki sxemi aşağıdakı şəkildə veririk.





Şəkildən görüldüyü kimi birtəktli sxemdə R'_b və R'_b müqavimətləri ilkin kaskadlarda olduğu kimi eyni rolu oynayır. Lakin kollektor dövrəsinə qoşulan R_k müqavimətinin əvəzinə transformatorun R'_b birinci tərəfinin müqaviməti olur. Yüklə müqaviməti R_n ilə transformatorun R'_b müqaviməti isə eyni qiymətə bərabərdir. Əgər transformatorun hər iki tərəfindəki güc eyni olarsa, yəni $P_{T_1} = P_{T_2}$ olarsa, bu zaman

$$\frac{U_{T_1}^2}{R_{T_1}} = \frac{U_{T_2}^2}{R_{T_2}}$$

yazmaq olar. Buradan

$$\left(\frac{U_{T_2}}{U_{T_1}}\right)^2 = \frac{R_{T_2}}{R_{T_1}}$$

alınır. İfadədə $\frac{U_{T_2}}{U_{T_1}} = n$ transformasiya əmsəlidir. Onda

$$n = \sqrt{\frac{R_{T_2}}{R_{T_1}}} \quad (1)$$

Qeyd etmişdik ki, $R_{T_2} = R_n$ və $R_{T_1} = R_k$ onda (1) ifadəsindən

$$n = \sqrt{\frac{R_n}{R_k}} \quad (2)$$

alınacaq. İfadədəki R_n müqaviməti yük müqaviməti olaraq ilkin hesablamada zamanı verilir. R_k müqaviməti isə tranzistorun yük xarakteristikasından tapılır. Bunun üçün yük xəttinin baza cərəyanının I_{b1} və I_{b6} qiymətlərinə uyğun olan yük xarakteristikalarının kəsilmə nöqtələri 1 (bir) və 6 (altı) tapılır. Həmin nöqtələrin I_k oxundakı koordinatları $I_{k6} = I_k^{max}$ və $I_{k1} = I_k^{min}$ -dur. U_{ke} oxundakı koordinatları isə U_{ke}^{max} və U_{ke}^{min} olacaqdır. Aşağıdakı ifadə R_k müqavimətini hesablamaq üçündür:

$$R_k = \frac{U_{ke}^{opt}}{I_k^{opt}} = \frac{U_{ke}^{max} - U_{ke}^{min}}{2} \cdot \frac{2}{I_k^{max} - I_k^{min}} = \frac{U_{ke}^{max} - U_{ke}^{min}}{I_k^{max} - I_k^{min}} \quad (3)$$

Yuxarıda aparılan hesablar birtəklili sxemin işini müəyyən etmək üçün lazımdır. Lakin bu sxemin bir çox çatışmayan cəhətləri mövcuddur ki, bu da onun yerinə ikitəklili sxemlərdən istifadə etməyi qərarlaşıdır. Bu çatışmayan cəhətlərdən biri çıxış kaskadının faydalı iş əmsalının az olmasıdır. Çünki çıxış gücü ilə giriş gücü arasındakı münasibət 20-30% təşkil edir. Bu isə girişdə tələb olunan gücün çox olması ilə izah olunur. İkitəklili sxemdə isə bu aradan qalxmışdır. İkitəklili sxemin şəkli yuxarıda göstərilmişdir. Sxemdə iki ədəd sıfır nöqtəsi çıxarılmış transformator və iki eyni tipli tranzistor olur. Sxemin iş rejimi aşağıdakı kimidir. Transformatorun girişinə dəyişən cərəyan verildiyi üçün onun ikinci dolağında induksiya e.h.q. -si nəticəsində dəyişən cərəyan axmağa başlayacaqdır ki, bu da transformatorun orta çıxış nöqtəsi hesabına iki hissəyə ayrılacaq. Bundan sonra həmin cərəyanlar tranzistorların bazalarına veriləcəkdir. Burada isə cərəyanın qütbləşməsinə diqqət yetirmək lazımdır. Tutaq ki, T_1 tranzistoruna mənfi, T_2 tranzistoruna müsbət yarımperiod gəlmişdir. Bu zaman T_1 tranzistoru bağlı olduğu üçün T_2 tranzistorunun kollektor cərəyanı, yəni $I_{k2} Tr_2$ transformatorun birinci dolağından axıb R'_b müqavimətinin köməyi ilə Tr_1 transformatorunun ikinci dolağına axacaq. Nəticədə həmin cərəyan T_1 tranzistorun bazasına gələn, bu dəfə artıq müsbət yarımperiodla toplanıb onu açacaqdır. T_2 tranzistoru isə mənfi yarımperiodun hesabına bağlanacaqdır. Bu proses yenidən lakin T_1 tranzistorunda təkrar olunacaqdır. Tr_2 transformatorun birinci dolağında hər dəfə iki cərəyan toplanacaqdır ki, bu da ümumilikdə həmin transformatorun ikinci tərəfində gücün artmasına səbəb olacaqdır. Göründüyü

kimi, ikitaklı sxemdə gücün artması giriş siqnalının zəif halında belə mümkündür. Özü də bu sxemdə transformatorlar mühüm rol oynayır. Lakin sıfır nöqtəsi çıxarılış transformatorları böyük qabaritə malik olmaları və onların hazırlanmasının baha başa gəlməsi bu sxemin üstünlüyünü aşağı salır. Müasir gücləndiricilərdə çıxış kaskadları transformatorsuz yığılır. Çalışacağıq ki, bu haqda gələcəkdə xüsusi məlumat verək. İndi isə tranzistorlu yüksək tezlik gücləndiriciləri və ya tranzistorlu rəqs generatorları haqqında məlumat verək.

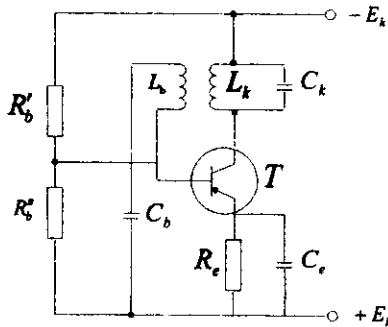
§3.24 TRANZİSTORLU GENERATORLAR

Elektrik rəqslərinin genertoru elə bir qurğudur ki, burada sabit cərəyan mənbəyinin enerjisi, müəyyən bir formaya və tezliyə malik olan elektromaqnit rəqslərinin enerjisinə çevrilir. İş prinsipinə görə generatorlar iki qismə, öz-özünə təsirlənən və xarici təsirlənən növlərə ayrılırlar. Bunlara həm də yüksək tezlik güc gücləndiriciləri deyilir. Öz-özünə təsirlənən genertorlar və ya avtogeneratorlar iki cür olur. Sinisoidal rəqs generatorları və qeyri sinisoidal, yəni impuls rəqs generatorları mövcuddur. Sxem quruluşuna görə avtogeneratorlar LC tipli və RC tipli olur.

Qeyri, yəni impuls rəqs generatorları isə müxtəlif sxemlərdə qurulur. Bunlar multivibratorlar, trikkerlər mişarşəkilli gərginlik və s. generatorlardır.

Burada biz iki sinisoidal generatorun iş prinsipi ilə tanış olacağıq. Bunlar LC tipli və RC tipli generatorlardır. Qeyri sinisoidal generatorlar haqqında isə sonra bəhs olunacaq.

1. *Lc tipli rəqs generatoru.* Generatorun sxemi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Şekildə $L_k C_k$ konturu elektromaqnit rəqslərinin yaranması üçün əsas rol oynayır. Elektromaqnit rəqslərinin sönməməsini təmin etmək üçün T tranzistoru vardır. Hansı ki, onun bazası L_b sarğacı tərəfindən idarə olunur. L_b sarğacı isə öz növbəsində L_k sarğacı ilə maqnit əlaqəsindədir. Bu əlaqə öz-özünə təsirlənməni təmin edir və həm də tranzistor üçün əks rabitə rolunu oynayır. İki cür öz-özünə təsirlənmə şərti mövcuddur. Bunlardan birincisi faza balans şərti, ikincisi amplitud balans şərtidir.

Faza balans şərti dedikdə, tranzistorun müsbət əks rabitəsi nəzərdə tutulmalıdır. Yəni tranzistorun giriş və çıxış gərginlikləri arasındakı faza fərqi sıfıra bərabər olmalıdır. Bir sözlə, bu gərginliklər faza etibarlı ilə üst-üstə düşməlidir. Bizim sxemdə əks rabitə rolunu L_b sarğısı oynadığı üçün onda düşən gərginlik tranzistorun baza gərginliyi olur. Hərçənd bu gərginlik induksiya hesabına L_k sarğısından keçdiyi üçün aşağıdakı kimi hesablanacaq:

$$U_b = M \omega_0 I_k \quad (1)$$

burada M sarğılar arasında qarşılıqlı induksiya əmsəlidir. ω_0 $L_k C_k$ konturunun məxsusi tezliyi, I_k isə həmin konturdan axan cərəyandır.

Konturdakı gərginlik isə həm də tranzistorun kollektor gərginliyi olduğu üçün aşağıdakı kimi hesablanır.

$$U_k = I_k \omega_0 L_k \quad (2)$$

Əgər biz əks rabitə əmsalını hesablamalı olsaq, onda

$$\gamma = \frac{U_b}{U_k} = \frac{M \omega_0 I_k}{I_k \omega_0 L_k} = \frac{M}{L_k} \quad (3)$$

Bildiyimizə görə gərginliyə görə güclənmə əmsalı

$$K_u = \frac{U_f}{U_g} \quad (4)$$

Əgər əks rabitəni nəzərə alsaq, onda emitter gərginliyi baza gərginliyi ilə müəyyən münasibətdə olur. Yəni müsbət əks rabitə vaxtı onlar çıxılır. Mənfi əks rabitə vaxtı isə toplanırlar. Odur ki, yaza bilərik.

$$U_g = U_e \pm U_b = U_e \pm \gamma U_g \quad (5)$$

Bunu (4) ifadəsində yerinə yazsaq, onda

$$K_u^{ar} = \frac{U_g}{U_e \pm \gamma U_g} \quad (6)$$

alınar. Bu bərabərliyin surət və məxrəcini U_e -yə bölsek, onda aşağıdakıları alarıq:

$$K_u^{\text{ar}} = \frac{U_g / U_e}{U_e / U_e \pm \gamma U_g / U_e} = \frac{K_u}{1 \pm \gamma K_u} \quad (7)$$

(7) ifadəsindən belə məlum olur ki, əks rəbitə olduqda gərginliyə görə güclənmə əmsalı adi halda, yəni əks rəbitə olmayan vaxtı güclənmə əmsalında fərqlənir. Aydın məsələdir ki, müsbət əks rəbitə vaxtı bu əmsal artacaq, mənfi əks rəbitə vaxtı isə azalacaqdır. Əks rəbitə vaxtı güclənmə əmsalının ən maksimum qiyməti $\gamma K_u \approx 1$ halında olur. Mənfi əks rəbitə zamanı bu güclənmə əmsalının ən kiçik qiyməti olur. Güclənmə əmsalının müsbət əks rəbitə vaxtı maksimum qiymətinə uyğun gələn $\gamma K_u \approx 1$ şərtindən yazmaq olar ki, $\gamma = \frac{1}{K_u}$. Buru (3)-də yerinə yazsaq, alarıq:

$$\frac{1}{K_u} = \frac{M}{L_k} \quad (8)$$

Bu öz-özünə təsirlənmənin ikinci şərti olan amplitud balansıdır. Yəni amplitud balansının ödənilməsi üçün gərginliyə görə güclənmə əmsalı

$$K_u = \frac{L_k}{M}$$

münasibəti ödənilməlidir. Bu isə $L_k C_k$ konturunun əsas parametri olan L_k sarğısının induktivliyinin seçilməsi ilə izah olunur.

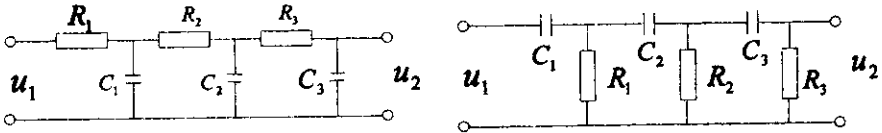
LC tipli rəqs generatorları yüksək tezlikli sxemlərdə istifadə edilir. Mütəyyən qədər alçaq tezliyə malik sxemlərdə elektromaqnit rəqsləri istehsal etmək üçün RC tipli generatorlardan istifadə olunur.

2. *RC tipli rəqs generatorları.* Adından məlum olduğu kimi RC tipli generatorlarda elektromaqnit rəqsləri müqavimətin və kondensatorun hesabına baş verir. Hər hansı bir tezlikdə rəqs almaq üçün kondensator və müqavimətin xüsusi sayda və xüsusi formada birləşdirilməsi əsas rol oynayır. Məsələn, əgər nəzərə alsaq ki, tranzistorun giriş və çıxış gərginlikləri arasında fəza fərqi sıfır və 180° -dir, onda mütəyyən tezlikdə rəqsləri almaq üçün həmin tezliyin fəza bucağı aşağıdakı kimi hesablanacaq.

$$\varphi = \frac{180^\circ}{n}$$

Burada φ tezliyin fəza bucağı, n - bu tezliyi yaradan R və C cütliyünün sayıdır. RC cütliyü R və C-nin bir-birinə ardıcıl birləşməsi deməkdir. Əgər n

sayda cütlük götürsək artıq bu cütlük bir-birinə paralel birləşəcəkdir. Bu zaman isə ya müqavimətlər, ya da kondensatorlar bir-birinə ardıcıl birləşəcək. Odur ki, iki sxem mövcuddur. Müqavimətləri ardıcıl birləşən və bu zaman kondensatorları paralel birləşən sxem, kondensatorları ardıcıl birləşən və bu zaman müqavimətləri paralel birləşən sxem. Bu sxemlər aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



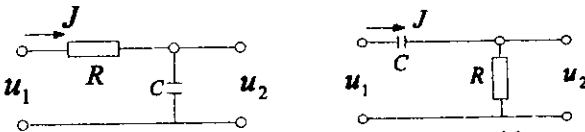
Şəkildən görüldüyü kimi bu sxemlər adi dördqütblü kimidir. Krixhofun hər iki qanununu tətbiq etməklə bu sxemləri hesablayıb generatorun məxsusi tezliyini tapmaq olar. Birinci sxem üçün

$$\omega = \frac{\sqrt{6}}{RC}$$

İkinci sxem üçün

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{6}RC}$$

Burada $c_1 = c_2 = c_3 = c$ və $R_1 = R_2 = R_3 = R$ götürülmüşdür. Gərginliyə görə güclənmə əmsalını tapmaq üçün hər iki sxemin bir budağını götürək. Yəni hər iki sxemdən aşağıdakı şəkildə göstərilən hissələri ayıraq.



Birinci sxem kondensatoru paralel birləşən sxem olduğu üçün güclənmə əmsalı

$$K_u^c = \frac{u_2}{u_1} = \frac{I \frac{1}{\omega C}}{I \left(R + \frac{1}{\omega C} \right)} = \frac{1}{1 + R\omega C}$$

İkinci sxem müqaviməti paralel birləşən sxem olduğu üçün güclənmə əmsalı

$$K_u^R = \frac{IR}{I\left(R + \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{R\omega C}{1 + R\omega C}$$

Göründüyü kimi, ikinci halda güclənmə əmsalı daha çox alınır. lakin güclənmə əmsalının əksi olan sönmə əmsalı da vardır. Yəni

$$K_{s.ə.}^C = \frac{1}{K_u} = \frac{U_1}{U_2} = 1 + \omega CR$$

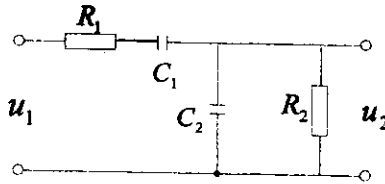
və ya

$$K_{s.ə.}^R = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1 + \omega CR}{\omega CR}$$

Sönmə əmsalı isə $K_{s.ə.} = 3$ qiymətindən aşağı olmamalıdır. Yuxarıdakı hesablamalardan görünür ki, birinci sxemdə, yəni c paraleldə generatorun sönməsi qeyri-mümkündür. Çünki əgər $1 + \omega CR = 3$ olarsa, $\omega = \frac{2}{RC}$.

İkinci halda $\frac{1 + \omega CR}{\omega CR} = 3$ və ya $1 + \omega CR = 3\omega CR$.

Buradan $1 = 2\omega CR$ və $\omega = \frac{1}{2cR}$, yəni c paralel sxemdə generatorun sönməzliyi R paralel sxeminə görə dörd dəfə çoxdur. Lakin burada bir şeyə fikir vermək lazımdır. O da birinci sxemdə tezliyin artması, ikincidə isə azalmasıdır. Bu isə hər dəfə tezliyin dəyişməsi ilə sxemin dəyişməsi deməkdir. Bunun qarşısını almaqdan ötrü qarışıq sxemlər tətbiq olunur. Hansı ki, aşağıdakı şəkildə verilmişdi.



Burada güclənmə əmsalını hesabladıqda aşağıdakı ifadəni alırıq:

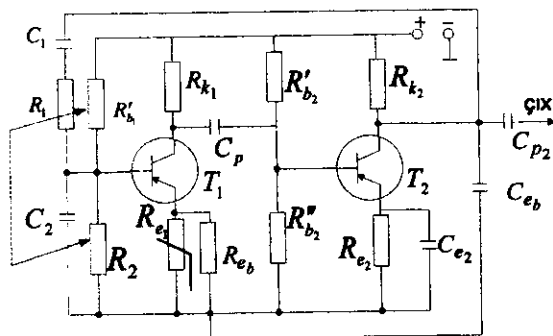
$$K_u = \frac{u_2}{u_1} = \frac{IR_2}{I\left(R_1 + \frac{1}{\omega c_1} + \frac{1}{\omega c_2}\right)} = \frac{\omega c_1 c_2 R_2}{R_1 \omega c_1 c_2 + c_2 + c_1}$$

(6)

Bu ifadədə $c_1 = c_2$ və $R_1 = R_2$ olarsa, onda

$$K_u = \frac{\omega CR}{\omega CR + 2} \quad (7)$$

alınar. $\omega cR = 1$ olduğunu qəbul etsək, onda $K_u = \frac{1}{3}$ alınacaq, yəni sönmə əmsalı $K_{s.a.} = 3$ alınacaq. Qarışıq RC sxemi üzrə qurulan RC generatorunun quruluşu aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemdə T_1 tranzistorunun dövrəsində olan R_{e1} termistoru temperaturun dəyişməsi ilə çıxış gərginliyinin stabilliyini təmin edirlər. R_1 və R_2 potensiometrləri isə tezliyi tənzimləmək üçündür.

§3.25 QEYRİ-SİNİSOİDAL GƏRGİNLİK GENERATORLARI

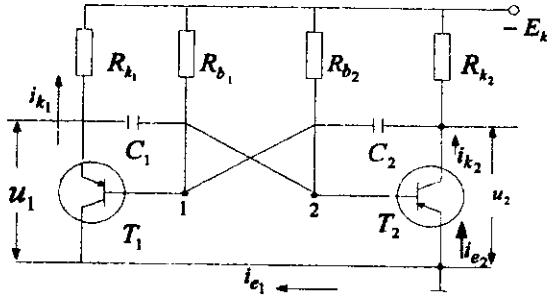
Qeyri-sinisoidal gərginlik dedikdə, periodu və amplitudası dəyişkən olan gərginlik nəzərdə tutulur. Bu cür gərginliklər əsasən radiorabitə, radiolokasiya, kodlaşdırılmış radiotabitə və hesablama maşınlarında istifadə olunur. Səbəb, həmin qurğuların, yüksək gizli işləməsində maneələrə qarşı qoruyuculuğunun təmin olunmasından və həm də bir aparıcı tezliyin köməyi ilə bir neçə rəbitə kanalının ötürülməsindən ibarətdir.

Qeyri-sinisoidal gərginlik yaradan qurğulara impuls qurğuları da deyilir. İndi həmin qurğuların iş prinsipləri ilə tanış olaq.

1. Multivibrator. Gərginliyin düzbucaqlı formasını yaradan qurğuya multivibrator deyilir. İki cür multivibrator var:

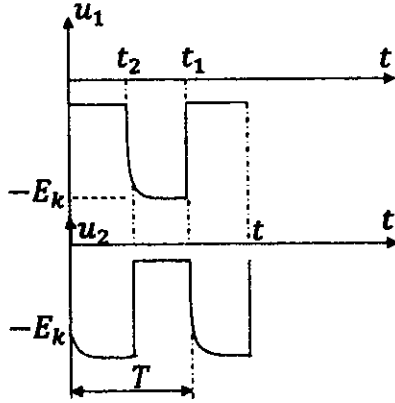
1. Xaricdən təsir olmadan fasiləsiz işləyən
2. Xarici təsirin köməyi ilə fasiləli işləyən multivibrator.

Aşağıdakı şəkildə xaricdən təsir olmadan fasiləsiz işləyən multivibratorun sxemi verilmişdir.



Sxemin iş prinsipi belədir.

Əgər $-E_k$ mənbəyini qoşsaq, bu zaman hər iki tranzistorun bazalarına gərginlik tətbiq olunacaqdır. Bu gərginliklərin qiyməti həmin bazalara qoşulan R_{b1} və R_{b2} müqavimətlərinin seçilməsindən asılıdır. Əgər $R_{b1} > R_{b2}$ olarsa, onda T_2 tranzistorunun bazasına tətbiq olunmuş gərginlik çox olacaqdır və nəticədə bu tranzistor T_1 -dən tez açılacaq. Bu zaman I_{k2} cərəyanı axıb C_2 kondensatorunu doldurur. U kondensatorun sol köynəyi mənfi yükləndiyi üçün T_1 tranzistorunun bazasında mənfi gərginlik tətbiq olunur. Hansı ki, bu gərginlik T_1 tranzistorunu açaraq I_{k1} cərəyanını əmələ gətirir. I_{k1} cərəyanı öz növbəsində C_1 kondensatorunu doldurur. Kondensatorların dolması eyni vaxtda baş vermir. Yəni onlar arasında müəyyən bir müddət olur. Hər hansı bir kondensator boşalarsa, o birisi dolur. Boşalan kondensatorlar U_1 və U_2 gərginliklərini əmələ gətirir ki, bunlar da signal şəklində olurlar. Yəni qeyri-sinisoidal olurlar. Aşağıdakı qrafikə nəzər salmaqla biz bu gərginlikləri araşdıra bilərik.



t_1 müddətinə kimi C_1 kondensatoru boşdur. Bu anda C_2 kondensatoru dolmaq üzrədir və dolub $-E_k$ qiymətinə çatır. C_1 kondensatoru boşalan vaxtı T_1 tranzistoru bağlı, T_2 isə açıq olur. Bundan sonra t_2 müddətinə kimi T_2 bağlanır, yəni C_2 boşalır. T_1 açılır, yəni C_1 dolmağa başlayır. Qeyd edək ki, kondensatorların dolma müddətləri eksponensial qanunla baş verir. t_1 , C_1 kondensatorunun dolma müddəti, yəni T_1 tranzistorunun işləmə müddətidir. t_2 isə C_2 kondensatorunun dolma müddəti, yəni T_2 tranzistorunun işləmə müddətidir. Bir kondensator dolan vaxtı o birisi boşalaraq gözləmə şəraitinə keçir. Əgər hər iki gərginliklər bir-birinə bərabər olarsa, yəni $U_1 = U_2$ olarsa, onda $t_1 = t_2$ olar. Sinyalın periodu

$$T = t_1 + t_2 = \tau \ln u_1 + \tau \ln u_2 = 2\tau \ln E_k.$$

Burada $\tau = RC$ zaman sabitidir. $E_k = U_1 = U_2$ götürülmüşdür. Onda

$$T = 2RC \ln E_k.$$

Buradan

$$E_k = e^{\frac{T}{2RC}}$$

alınar. Bu hal kollektor müqavimətlərinin, yəni $R_{k1} = R_{k2} = 0$ halı üçün doğrudur. Əgər $R_{k1} \neq R_{k2}$ olarsa, onda

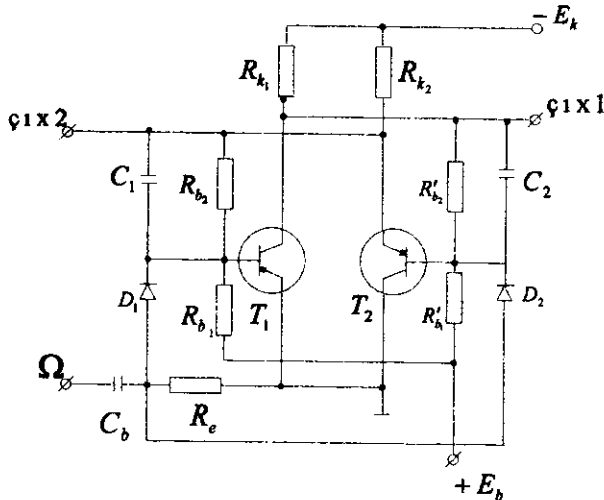
$$T = \tau (\ln U_1 + \ln U_2) = \tau \ln (U_1 \cdot U_2) = RC \ln (U_1 \cdot U_2)$$

alınacaqdır.

Deməli, belə nəticəyə gəlmək olar ki, multivibratorda istehal olunan signalın periodu, yəni davamiyyəti kollektor dövrəsinə qoşulmuş

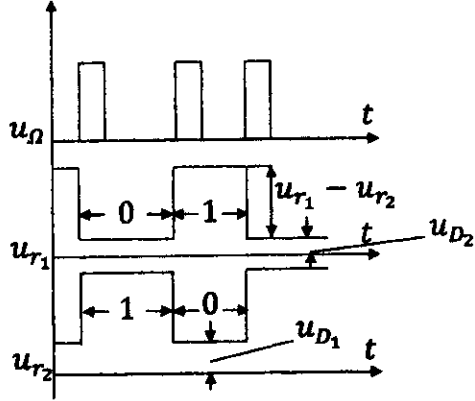
müqavimətlərin qiymətindən asılıdır. Çünki həmin müqavimətlərdə müəyyən qədər gərginlik düşgüsü olduğundan E_k mənbəyinin gərginliyi azalacaqdır ki, bu da siqnalların periodunun azalması deməkdir. Periodun kiçilməsi isə tezliyin artması deməkdir. Kiçik tezlikləri tənzimləməkdən ötrü bəzi sxemlərdə kollektor dövrəsində qoşulmuş müqavimətləri dəyişən rezistorlarla əvəz edirlər. Çıxış gərginliklərinin qiymətlərini artırmaqdan ötrü isə R_{b_1} və R_{b_2} müqavimətlərini dəyişən rezistorla əvəz edirlər.

2. Triqker. Hər hansı bir sxemi işə salmaqdan ötrü düzbucaqlı gərginlik istehsal edən qurğuya triqker deyilir. Multivibratorlardan fərqli olaraq, triqkerlər həm də özləri işə düşməkdən ötrü müəyyən qədər xarici qüvvələrin təsirinə məruz qalmalıdırlar. Lakin bu təsirdən onlarda iki çıxış parametrləri əmələ gəlir. Odur ki, triqerin iki çıxışı vardır. Sxematik olaraq, o aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

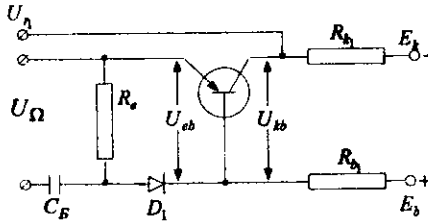


Bu sxemin iş prinsipi belədir. Transistorların işləməsi üçün onların bazalarına D_1 və D_2 diodları vasitəsilə impuls Ω impuls gərginliyi verilir. İmpulsun bir periodu gəldikdə müsbət yarımpериodu D_1 diodundan keçir, mənfı yarımpериodu isə D_2 diodundan keçmir. Odur ki, T_1 tranzistoru açılır, T_2 isə bağlanır. Açılmış tranzistorun kollektor dövrəsindən axan cərəyan T_2 tranzistorun bazasına keçir. T_2 tranzistoru açılır. T_1 tranzistoru isə

$+E_b$ mənbəyinin təsiri ilə bağlanır. Bu hal ikinci impuls gələnə kimi qalır. İkinci impuls gələndə T_2 tranzistoru açıldığı üçün ondan cərəyan axır və bu cərəyan T_1 tranzistorunun bazasına keçib onu açır. T_2 isə $+E_b$ mənbəyinin təsiri ilə qapanır. Hər zaman tranzistorlar açılan zaman onların kollektor dövrələrindən düzbucaqlı şəkildə gərginliklə çıxışlara ötürülür. Bu işi C_1 və C_2 kondensatorlarının köməkliliyi ilə həyata keçirir. Qrafiki olaraq, bu aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Əgər biz sxemin bir hissəsinin araşdırmaq istəsək onda aşağıdakı şəkildəki kimi ekvivalent sxem qurmaq lazım gələcəkdir.



Şəklə əsasən

$$U_{\Omega} = U_{cb} + U_{Re}.$$

Öz növbəsində

$$U_{Re} = U_D + U_{eb}.$$

Onda

$$U_{\Omega} = U_{cb} + U_D + U_{eb}.$$

Nəzərə alsaq ki,

$$\frac{U_{\zeta}}{U_{eb}} = K_u$$

onda

$$U_{\Omega} = U_{cb} + U_{D_1} + \frac{U_{\zeta_1}}{K_u}$$

Eyni ilə ikinci hissə üçün də bu ifadəni yazmaq olar.

$$U_{\Omega} = U_{cb} + U_{D_2} + \frac{U_{\zeta_2}}{K_u}$$

Hər iki ifadənin bərabərliyindən aşağıdakıları alırıq:

$$U_{D_1} + \frac{U_{\zeta_1}}{K_u} = U_{D_2} + \frac{U_{\zeta_2}}{K_u}$$

və ya

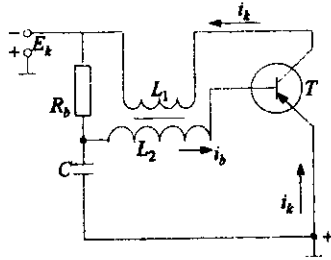
$$U_{\zeta_1} - U_{\zeta_2} = K_u(U_{D_2} - U_{D_1}).$$

Bu ifadənin həlli üçün $U_{\zeta_1} = K_u U_{D_2}$ və $U_{\zeta_2} = K_u U_{D_1}$ olmalıdır. Yəni siqnalın formasından asılı olmayaraq, çıxış gərginlikləri diodlarda olan gərginliklərin gücləndirmə əmsalının misli qədər olmalıdır. Diod isə ancaq müsbət yarım periodu buraxdığından gərginlik düzbucaqlı şəkildə olacaqdır.

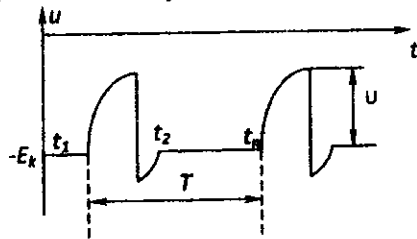
Triqgerin bu xüsusiyyəti onun yaddaş qurğusu kimi istifadə olunmasına da imkan yaradır. Yəni burada hər hansı bir giriş parametrini ikiqat kodlandırmaq mümkündür. Qrafikdən göründüyü kimi çıxış siqnalları arasındakı müddətlər dediklərimizə əyani sübutdur. Çünki birinci çıxışda 0 kodu olanda, yəni gərginlik $U_{\zeta_1} - U_{\zeta_2} \rightarrow \Delta U$ qədər aşağı olanda ikinci çıxışda 1 kodu əmələ gəlir, yəni gərginlik ΔU qədər yuxarı olur və əksinə.

Triqgerin müxtəlif təyinatlı sxemləri mövcuddur ki, bunlar haqqında imkan daxilində gələcəkdə məlumat veriləcəkdir.

3. Blokinq generator. Daha kiçik davamiyyətli impulsların yaranması üçün blokinq-generatorlardan istifadə olunur. Blokinq-generatorun əsas işini xarakterizə edən və onu digər generatorlardan fərqləndirən elementi impuls transformatorudur. Çünki bu transformator xüsusi geniş zolağa malik olan impulsları transformasiya edir. Transformatorun bu xüsusiyyətini araşdırmazdan əvvəl sadə blokinq-generatorun sxeminə baxaq.



$-E_k$ və gövdənin (kopnyc) müsbət qütbü arasında qoşulmuş C kondensatoru dolur. Kondensator dolana qədər C-L₂-T dövrəsindən müəyyən qədər i_k cərəyanı da axır. Bu zaman həm də, baza mənfi yükləndiyi üçün kollektor dövrəsindən də cərəyan axacaqdır. Bu cərəyan L₁ sarğısında keçərkən yaratdığı maqnit sahəsinin təsiri ilə L₂ -də induksiya e.h.q. əmələ gələcək ki, bu da əsas cərəyanın, yəni i_k -nin əksinə yönəldiyindən bazanın qütbləşməsini dəyişərək müsbət edəcəkdir. Tranzistorun qapanması ilə kollektor cərəyanı kəsiləcək. Eyni zamanda C kondensatorunun dolması da başa çatacaqdır. Bu zaman C-L₂-T dövrəsində cərəyan kəsiləcəkdir. Bundan sonra kondensatorun boşalması prosesi gedəcəkdir. Yəni i_k cərəyanı yenidən axmağa başlayacaq, lakin əvvəlki qiyməti ilə deyil, müəyyən qədər az miqdarda olacaqdır. Baza yenidən mənfi yükləndiyi üçün tranzistor açılacaq və kollektor cərəyanı əmələ gəlib L₁ sarğısından axacaqdır. Nəticədə L₂ sarğısında induksiya e.h.q.-si yaranacaq ki, bu da baza gərginliyinin qütbləşməsini dəyişəcəkdir. Tranzistor bağlanacaq. Prosesin yenidən təkrar olunması üçün müəyyən qədər t_n müddəti, yəni gözləmə müddəti yaranacaq. Bu müddətdə sxemə verilən gərginlik $-E_k$ olacaqdır. Prosesin qrafiki təsviri aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Qrafikdə t_1 müddəti kondensatorun dolmağa başladığı, t_2 isə boşalma müddətinin əvvəlidir. Kondensatorun boşalması və yenidən dolması

müddəti t_n dir. U isə kondensatorun dolduğu gərginlikdir. Blokiq-
generatorada əmələ gələn impulsun bir tam periodu

$$T = t_n - t_1$$

kimi hesablanır. Şəkildən görüldüyü kimi transformatorla əlaqəli iki dövrə
vardır. Həmin dövrlərin tənlikləri aşağıdakı kimidir.

$$\text{I dövrə} \quad -E_k - U_{L_1} - U_{k_b} - U_{L_2} - U_{R_b} = 0 \quad (1)$$

$$\text{II dövrə} \quad +E_k + U_{e_b} + U_{L_2} + U_C = 0 \quad (2)$$

Ümumi sxemin tənliyini tapmaq üçün bu iki tənliyi toplayırıq. Onda

$$-U_{L_1} - U_{k_b} - U_{R_b} + U_{e_b} + U_C = 0$$

alınacaqdır. Buradan

$$U_{e_b} - U_{k_b} = U_{R_b} + U_{L_1} - U_C \quad (3)$$

və ya

$$(1 - K_U)U_{e_b} = U_{R_b} + U_{L_1} - U_C \quad (4)$$

burada $K_U = \frac{U_{k_b}}{U_{e_b}}$ tranzistorun gərginliyə görə güclənmə əmsəlidir. (4)

bərabərliyinin sağ tərəfi elektrik dövrlərində komutasiya hadisələri üçün
ifadə olunan bir tənlikdir. Bu tənliyin aşağıdakı kimi həlli vardır.

$$I = A_1 e^{P_1 t} + A_2 e^{P_2 t} \quad (4a)$$

Burada A_1 və A_2 inteqrallama sabitləri, P_1 və P_2 isə diferensial tənliyin
kökləridir. Həmin diferensial tənlik aşağıdakı kimidir.

$$U_{R_b} + U_{L_1} - U_C = 0$$

və ya

$$I_{R_b} + L_1 \frac{dI}{dt} - \frac{1}{c} q = 0 \quad (5)$$

(5) ifadəsini diferensiallaşdıraraq kvadrat diferensial tənlik alırıq.

$$L_1 \frac{d^2 I}{dt^2} + R_b \frac{dI}{dt} - \frac{1}{c} \frac{dq}{dt} = 0$$

və ya

$$L_1 \frac{d^2 I}{dt^2} + R_b \frac{dI}{dt} - \frac{1}{c} I = 0 \quad (6)$$

(6) ifadəsində $\frac{dI}{dt} = P$ ilə işarə etsək, onda bayaq dediyimiz tənliyi almış
olarıq.

$$L_1 P^2 + R_b P - \frac{1}{c} = 0 \quad (7)$$

bu tənliyin həlli isə

$$P_1 P_2 = -\frac{R_b}{2L_1} \pm \sqrt{\left(\frac{R_b}{2L_1}\right)^2 + \frac{1}{LC}} \quad (8)$$

olacaqdır. Burada $\frac{R_b}{2L_1} = \delta$ və $\frac{1}{\sqrt{L_1 C}} = \omega_0^2$ rezonans tezliyidir. Onda tənliyin həlli

$$P_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 + \omega_0^2} \quad (9)$$

A_1 və A_2 sabitləri isə aşağıdakı kimi tapılır. Bunun üçün ilk öncə başlanğıc şərt kimi $t=0$ və $I=0$ halı götürülür. Bu hal tranzistorun qapalı halı olduğu üçün (4) bərabərliyində $(1 - K_U)U_{e_b} = -E_k$ olacaqdır. Onda (4a) ifadəsində

$$0 = A_1 + A_2$$

və ya

$$A_1 = -A_2$$

alınacaqdır. Belə olan halda (4) ifadəsi aşağıdakı halını alır.

$$-E_k = U_{L_1} - U_C \quad (10)$$

$t=0$ və $I_0 = 0$ halı üçün kondensatora tətbiq olunan $-E_k$ mənbəyinin təsiri ilə o müəyyən U gərginliyinə malik olur. Onda (10) ifadəsi

$$-E_k = U_{L_1} - U$$

kimi alınar və ya

$$L_1 \frac{dI}{dt} = U - E_k$$

Buradan

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U - E_k}{L_1} \quad (11)$$

(4a) ifadəsini zamana görə diferensiallasaq onda o (11) ifadəsinə bərabər olacaqdır, yəni,

$$\frac{U - E_k}{L_1} = P_1 A_1 e^{P_1 t} + P_2 A_2 e^{P_2 t}$$

$t = 0$ halı üçün və $A_1 = -A_2$ olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$\frac{U - E_k}{L_1} = A_1 (P_1 - P_2)$$

Buradan

$$A_1 = -A_2 = \frac{U - E_k}{L_1(P_1 - P_2)} \quad (12)$$

Burada P_1 və P_2 -nin qiymətlərini yerinə yazsaq, A_1 və A_2 əmsallarının tam qiymətlərini tapa bilərik, yəni

$$A_1 = -A_2 = \frac{U - E_k}{L_1 \left(-\frac{R_p}{2L_1} + \sqrt{\left(\frac{R_p}{2L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C}} - \left(-\frac{R_p}{2L_1} - \sqrt{\left(\frac{R_p}{2L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C}} \right) \right)} = \frac{U - E_k}{L_1 2 \sqrt{\left(\frac{R_p}{2L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C}}}$$

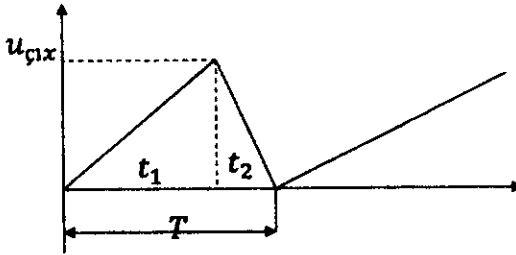
A_1 və A_2 -nin qiymətlərini (4a) düsturunda yerinə yazsaq, aşağıdakı ifadəni alırıq.

$$I = \frac{U - E_k}{L_1 2 \sqrt{\left(\frac{R_p}{2L_1}\right)^2 + \frac{1}{L_1 C}}} (e^{P_1 t} - e^{P_2 t}) \quad (13)$$

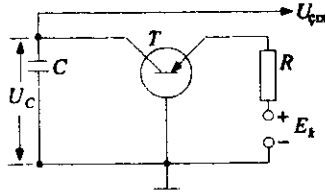
Bu ifadədə artıq $t=0$ halı üçün $I=0$ olması şərti ödənilmiş olur. Lakin $t \neq 0$ olan halında sxemdən müəyyən I cərəyanı axacaq ki, bu cərəyanda i_k cərəyanı olub impulsların formalaşmasında mühüm rol oynayacaqdır. İfadədən görüldüyü kimi həmin cərəyanın qiyməti əsasən sxemin elementləri olan R_{b_1} , L_1 və C parametrlərindən asılı olacaqdır. Burada xüsusilə L_1 sarğısının mahiyyətini qeyd etmək lazımdır. Çünki L_1 sarğısının seçilməsindən asılı olaraq i_k cərəyanının qiyməti elə hala düşə bilər ki, sxemdə əmələ gələn impulsun davamiyyəti və pauza müddətləri dəyişmiş olsun. Çünki məhz i_k cərəyanının təsiri ilə tranzistorun işini tənzimləyən t_b cərəyanı dəyişir ki, bu da impulsların davamiyyət və pauza müddətlərini dəyişmiş olur. Yəni $t_d = \frac{U_{be}}{I_b} C$ kimi hesablanır.

4. Mışarşəkilli generator. Bəzi qurğularda məsələn, radiolokasiya, televiziya, vaxtı dəqiq ölçən qurğularda gərginliyin xətti dəyişməsi üsulundan istifadə olunur. Gərginliyin xətti dəyişməsi dedikdə, əslində kondensatorun dolub boşalması zamanı gərginliyin qiyməti və periodunun

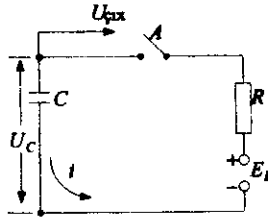
eksponensial şəkildə dəyişməsi nəzərdə tutulmalıdır. Qrafiki olaraq, bu dəyişməyə nəzər yetirdikdə mişar şəkilli alındığını görərik.



Odur ki, bu cür gərginlik yaradan generatorlara mişarşəkilli generatorlar deyilir. Mişarşəkilli generatorun sxemi aşağıdakı kimi şəkildə verilmişdir.



Sxemdə əsas rolu C kondensatoru oynadığı üçün onun dolub boşaldığını nəzərdən keçirək. Sxemin ekvivalent variantını çəkək.



Ekvivalent variantdan görüldüyü kimi tranzistorun rolunu A açarı görür. Sxemə əsasən yazı bilərik.

$$-E_k + iR + U_c = 0 \quad (1)$$

buradan

$$E_k = iR + U_c \quad (2)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, kondensator xarici U gərginlik mənbəyi vasitəsi ilə dolduqda dövredən axan i cərəyanının qiyməti $i = c \frac{dU_c}{dt}$ olacaqdır. Bunu (2) ifadəsində yerinə yazsaq, alarıq.

$$E_k - U = RC \frac{dU_c}{dt} + U_c \quad (3)$$

Bu diferensial tənliyin həlli $t=0$ və $U_c = 0$, yəni kondensatorun boşalmış vəziyyətində aşağıdakı kimidir.

$$U_c = (E_k - U) \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC}}\right) \quad (4)$$

(4) ifadəsində $RC = \tau$ zaman sabiti, $t = t_1$ kondensatorun dolma müddətidir. $U_c = U_\zeta$ generatorun çıxışındakı gərginlik olacaqdır, yəni

$$U_\zeta = (E_k - U) \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC}}\right) \quad (5)$$

Kondensatorun dolması ilə boşalması arasındakı müddətlər signalın tam periodunu verir, yəni $T = t_1 + t_2$ adətən $\frac{t_2}{t_1} = \frac{10}{20}$ nisbətində olur.

$$\text{Onda } T = 2t_2 + t_2 = 3t_2 = 1,5 t_1$$

Onda yuxarıdakı (5) ifadəsindən signalın periodunu tapırıq.

$$e^{-\frac{T}{1,5RC}} = 1 + \frac{U_\zeta}{E_k - U}$$

buradan

$$T = 1,5 R_c \ln \left(1 + \frac{U_\zeta}{E_k - U}\right)$$

Deməli, mişarşəkilli generatorlarda impulsların periodu dövrənin əsas parametrləri olan kondensator və aktiv müqavimətin seçilməsindən asılıdır. Bu parametrlər, həmçinin çıxış gərginliyinin amplitudasına da təsir göstərir. Sxemdə tranzistor açar rolunu oynayır. Belə ki, kondensator boşalan zaman onun bazası mənfi yükləndiyi üçün o açılır və E_k mənbəyinin cərəyanı çıxışa axır. Əksinə, dolan zaman müsbət yükləndiyindən tranzistor qapanır. Mişarşəkilli generatorun müxtəlif variantları mövcuddur. Qismən də olsa, onlar haqqında məlumat veriləcəkdir.

§3.26 TRANZİSTORLU STABLİZATORLAR

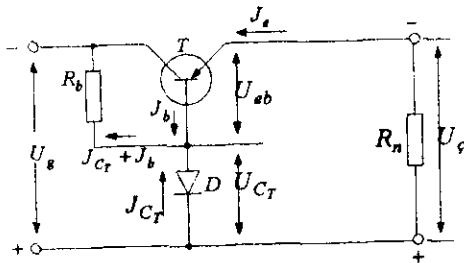
İki cür stabilizasiya üsulu vardır. Parametrik və kompensasiya metodu.

Parametrik üsul qeyri-xətti elementlərin tətbiqi ilə həyata keçirilir. Bildiyimiz kimi bu elementlər tranzistor stabiltron və digər elektron cihazlardır. Hansı ki, bu elementlərə gərginlik tətbiq olunan zaman onların

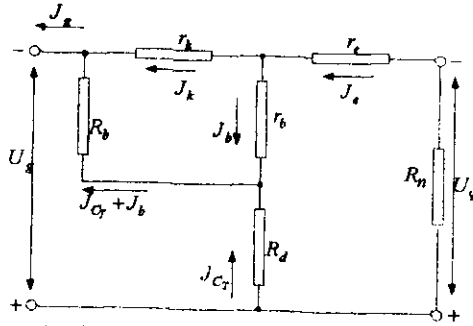
müqavimətinin dəyişməsi nəticəsində sxemin digər hissələrinə verilən gərginlik sxem elementləri arasında paylandıqdan sonra çıxışa stabil gərginlik verilir. Adətən parametrik stabilizatorlar stabiltron və diodlardan yığılır. §2.14-də bu haqda qeyd etmişdik. Lakin *kompensasiya metodu* ilə işləyən stabilizatorlar isə tranzistorlardan yığılır və tranzistorlu kompeneasion stabilizatorlar (TKS) adlanır. TKS-lərdə çıxış gərginliyi ilə giriş gərginliyi arasında müəyyən hədd olur ki, bu hədd avtomatik olaraq sxemin elementləri vasitəsilə azaldılmağa doğru gedir. Adətən TKS sxemləri üç hissədən ibarət olur.

1. Dayaq (etalon) gərginlik mənbəyi (E)
2. Müqayisə və gücləndirici element (MG)
3. Tənzimləyici element (T)

Bu hissələr bir-birinə ardıcıl və paralel qoşula bilər. Ardıcıl qoşulma vaxtı tənzimləyici element giriş və çıxış uclarına ardıcıl, paralel qoşulmada isə tənzimləyici element girişə və çıxışa paralel qoşulur. Hər iki halda tənzimləyici element etalon gərginlik mənbəyinin təsiri ilə çıxışdakı gərginliyi tənzimləyə bilər. Aşağıdakı şəkildə birkaskadlı ardıcıl tənzimlənən sabit cərəyan stabilizatoru verilmişdir.



Sxemdə etalon gərginliyinin rolunu D stabiltronu, müqayisə və tənzimləmə elementini isə T tranzistoru oynayır. Araşdırma aparmaqdan ötrü ekvivalent sxemi çəkkək.



Sxemə əsasən gərginliklərin cəmi aşağıdakı kimidir:

$$\begin{cases} U_d = I_{CT} \cdot R_d + (I_{CT} + I_b) R_b \\ U_{\zeta} = I_e \cdot R_e + I_b r_b + I_{CT} \cdot R_d \end{cases} \quad (1)$$

cərəyanlar. $I_d = \alpha I_e + I_{CT} + I_b = I_b \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} + 1 \right) + I_{CT}$ və ya bundan başqa

$$I_e = I_k + I_b$$

Əgər nəzərə alsaq ki, $I_k = I_e \alpha$ onda

$$I_e = I_e \alpha + I_b$$

$$I_e(1 - \alpha) = I_b$$

alınar. Bilirik ki, gərginliyə görə stabilizasiya əmsalı

$$K_U^{CT} = \frac{\Delta U_d \cdot U_{\zeta}}{\Delta U_{\zeta} \cdot U_d} = K_U^{gc} \cdot \frac{\Delta U_d}{\Delta U_{\zeta}} \quad (2)$$

Burada K_U^{gc} gücləndirmə əmsalıdır. Onda (1) ifadəsindən istifadə etməklə, gücləndirmə əmsalını tapmaq,

$$K_U^{gc} = \frac{I_e \cdot r_e + I_b \cdot r_b - I_{CT} \cdot R_d}{I_{CT} \cdot R_d + (I_{CT} + I_b) R_b} \quad (3)$$

Əgər R_b müqavimətindən I_k və $I_{CT} + I_b$ cərəyanlarının axdığını nəzərə alsaq, onda yazmaq olar ki,

$$-I_k \approx I_{CT} + I_b$$

Buradan

$$I_{CT} = -(I_k + I_b) = -[I_e \alpha + I_e(1 - \alpha)] = -I_e \quad (4)$$

(4) ifadəsində I_b və I_{CT} cərəyanlarının qiymətlərini yerinə yazsaq alarıq:

$$K_U^{gc} = \frac{I_e \cdot r_e + I_e(1 - \alpha)r_b + I_e \cdot R_d}{-I_e \cdot R_d - I_e R_b + I_e(1 - \alpha)R_b} =$$

$$= \frac{r_e + (1 - \alpha)r_b + R_d}{R_d(1 - \alpha) - R_d - R_b} = \frac{r_e + (1 - \alpha)r_b + R_d}{-R_d - R_b\alpha} = \frac{\alpha \cdot r_b - r_b - r_e - R_d}{R_d + R_b\alpha} = \frac{r_b(\alpha - 1) - r_e - R_d}{R_d + R_b\alpha} \quad (5)$$

(5) ifadəsini (2) də yerinə yazsaq stabilizasiya əmsalı

$$K_U^{cT} = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_\zeta} \cdot \frac{r_b(\alpha - 1) - r_e - R_d}{R_d + R_b\alpha} \quad (6)$$

alınacaqdır.

İfadədə α tranzistorun cərəyana görə güclənmə əmsalı, r_b baza müqaviməti, r_e emitter müqaviməti, R_d stabiltronun müqaviməti, R_b balans müqavimətidir.

$\Delta U_g = U'_g - U''_g$ -dəki giriş gərginliklərinin dəyişmə fərqi.

$\Delta U_\zeta = U'_\zeta - U''_\zeta$ çıxış gərginliklərinin fərqi. Düsturdan görünür ki, stabilizasiya əmsalının artımı çıxış gərginliklərinin fərqindən çox aslıdır. Adətən $\Delta U_\zeta = 0,1 \div 0,9$ münasibətində olarsa, stabilizasiya əmsalı on dəfələrlə arta bilər. Sxemin parametrlərinə görə əmsalı artırmaq üçün R_b balans müqavimətini azaltmaq lazım gəlir. Odur ki, stabilizatorlarda balans müqavimətinin seçilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. (1) ifadəsinə əsasən balans müqavimətini tapmaq olar.

$$R_b = \frac{U_d - I_{cT} \cdot R_d}{I_{cT} + I_b} \quad (7)$$

Digər tərəfdən, çıxışdakı yükün qiymətindən asılı olaraq, tranzistorun və stabiltronun seçilməsi üçün onlardan axan cərəyanlar hesablanmalıdır. Çıxış cərəyanının emitter cərəyanı olduğunu nəzərə alsaq, (1) ifadəsi aşağıdakı kimi yazılmalıdır.

$$I_e \cdot R_n = I_e \cdot r_e + I_b \cdot r_b - I_{cT} \cdot R_d = I_e [r_e + (1 - \alpha)r_b] - I_{cT} \cdot R_d$$

Buradan stabiltronun cərəyanı aşağıdakı kimi tapılar.

$$I_{cT} = \frac{I_e [r_e + (1 - \alpha)r_b - R_n]}{R_d} \quad (8)$$

Yuxarıda apardığımız hesablamalar bir kaskadlı sabit cərəyan stabilizatorunun parametrlərinin seçilməsi üçün həyata keçirilir. Lakin daha yüksək stabilizasiya əmsalı almaqdan ötrü iki və çox kaskadlı sxemlərdən istifadə olunur. Bu sxemlərin araşdırılması və onların hesablanması xüsusi kurs təşkil etdiyindən onu burada vermirik.

Bununla da elektron cihazlarının gücləndirmə xüsusiyyətləri haqqında olan bölməni tamamlayıb növbəti və son bölmə olan məntiqi elementlər haqqında bölməni oxucuların nəzərinə çatdırırıq.

IV FƏSİL MƏNTİQİ ELEMENTLƏRİN YARANMASININ ƏSAS SƏBƏBLƏRİ

§4.1 MƏNTİQİ ELEMENTLƏR HAQQINDA MƏLUMAT

Məntiqi ərəb sözü olub düzgün, dürüst mənasını verir. Məntiqi element dedikdə, hər hansı iki məlumun köməyi ilə üçüncü məchulu aşkarlayan cihaz və ya sxem nəzərdə tutulmalıdır.

Ən sadə məntiqi element reledir. Reledə elektromaqnit sargac və giriş, çıxış kontakt qrupu vardır. İki məlum parametr – relenin sargısına verilən gərginlik və giriş tərəfdəki gərginlikdir. Məchul isə çıxışda alınacaq gərginlikdir. Nə qədər ki, rele işləmir məchul məchulluğunda qalır. Yəni məlum deyil ki, çıxışda nə olacaqdır. Elə ki, rele işləməyə başladı kontaktlar qapanıb giriş parametrini çıxışa ötürür ki, bu da məchulun həlli olur. Deməli, relenin işləməsindən asılı olaraq çıxışda ya hər hansı siqnal olmalıdır, ya da heç bir şey olmamalıdır. Əgər siqnal olarsa “1” kodu, olmazsa “0” kodu qeyd olunur. Bu cür prinsiplə işləyən məntiqi elementlərə çox misal göstərmək olar. Bunlar haqqında gələcəkdə qeyd olunacaqdır. Ancaq bir az məntiqi elementlərin daşdığı funksiyalar haqqında danışaq.

Qeyd etdik ki, məntiqi element iki məlum, yəni arqument və bir məchul, yəni funksiya şəklində fəaliyyət göstərir. Yəni $y = f(x_1, x_2)$ funksiyasını həyata keçirən hər hansı bir cihaz məntiq elementdir. İndi bu funksiyaların müxtəlifliyinə nəzər salaq:

1	Bağlanmanın yerdəyişməsi; və ya – yox	0001
2	Qapanma;	0010, 0100
3	Uyğunlaşma; və	1000
4	x_2 -nin inversiyası (yerdəyişməsi);	0011
5	x_1 -in inversiyası (yerdəyişməsi);	0101
6	Eyniadlılıq;	1001
7	Müxtəlif adlılıq;	0110
8	x_1 -in təkrarlanması;	1010

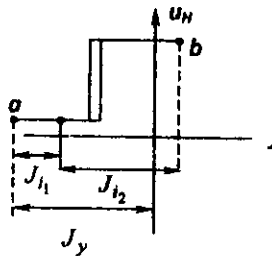
9	x_2 -nin təkrarlanması;	1100
10	Yerdəyişmə uyğunlaşma; və-yox	0111
11	Yerdəyişmə qadağan olma x_1 və ya x_2 -yə görə	1011,1101
12	Bağlanma; və ya	1110
13	Təklük	1110
14	Sıfırlıq	0000

Yuxarıda qeyd olunan funksiyalardan çox yazmaq olar. Bunun üçün kodlaşdırmada rəqəm sayını artırmaq lazım gələcəkdir. Bu cür kodlaşdırma üsulu müasir kibernetikada istifadə olunur.

Məntiqi elementin simvolik işarəsi aşağıdakı şəkildə verilmişdir.

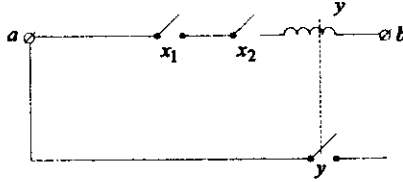


Məntiqi elementin funksiyasını qrafiki olaraq göstərmək də olar. Məsələn "və" funksiyasının qrafiki aşağıdakı kimidir.



Bu qrafik üç sarğısı olan kontaktsiz relenin qrafikidir.

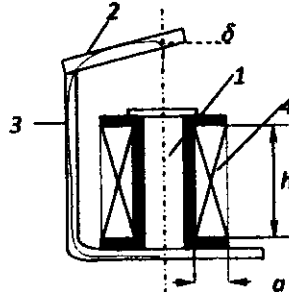
Burada I_{i1} birinci sarğısının cərəyanı, I_{i2} ikinci idarə sarğısının cərəyanı, I_y yerdəyişmə sarğısının cərəyanıdır. Funksiyanın qrafiki olduğu kimi onun analitik forması da mövcuddur. Məsələn, iki kontaktlı elektromaqnit reləsi "və" funksiyasının yerinə yetirirsə, onda onun analitik forması $y = x_1 x_2$ şəklində olar, o vaxt ki, relenin sxemi aşağıdakı kimi olsun:



Sxemdən göründüyü kimi əgər x_1 və x_2 kontaktları eyni vaxtda işləyərsə, y sargısı ona bağlı olan y kontaktını qapayacaqdır. Göstərdiyimiz misalda x_1 ilə x_2 kontaktlarının bir-birinə ardıcıl qoşulması “və” funksiyasını təmin edir. Elektromağnit relelərinin yerinə yetirdiyi funksiyalar çoxdur. Onlar haqqında burada geniş məlumat ehtiyac yoxdur. Lakin elektromağnit relesinin iş prinsipi və onun xarakteristikaları haqqında xüsusi məlumat veririk.

§4.2 ELEKTROMAĞNİT RELESİ MƏNTİQİ ELEMENT KİMİ

Müasir elektronikanın müxtəlif sahələrində kommutasiya işlərini yerinə yetirmək üçün elektromağnit kontaktorları və ya releləri mühüm rol oynayır. Bu komutasiya işləri əsasən daha çox güc tələb edən sxemlərin dövrədən açılıb bağlanması zamanı ortaya çıxır. Kommutasiyada əsasən iki kontakt iştirak edir. Bu kontaktlardan biri tərpənən, digəri isə tərpənməz olur. Tərpənən kontaktlar iki cür hərəkətə gətirilə bilər. Bunlar əl ilə hərəkət etdirilən və elektromağnit vasitəsilə hərəkət etdirilən olurlar. Elektromağnit vasitəsilə hərəkət etdirilən kontaktlar elektromağnitin lövhələri ilə bərkidilir. Sadə elektromağnitin çertyoju aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



4-dolağı içərisində 1 nüvəsi yerləşir, hansı ki, bu nüvə 3 yarımına birləşmişdir. 2 lövbəri elektromağnitin hərəkət edən hissəsidir. Dolaqdan

cərəyan axdığıda yaranan maqnit sahəsi dolaq müstəvisinə perpendikulyar olduğundan nüvədən keçib yarımoya, oradan lövbərə və δ hava aralığından axıb yenidən nüvədə qapanır. Bu zaman maqnit hərəkət qüvvəsinin təsiri ilə lövbər nüvəyə doğru çəkilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, elektromaqnitin dolağı sabit və dəyişən cərəyanla qidalana bilər.

Tutaq ki, dolaq sabit cərəyanla qidalanmışdır. Bu zaman dolaqdan axan I cərəyanı W qədər sarğılardan axdığıda yaranan maqnit gərəmək qüvvəsi

$$F_M = I \cdot W$$

olar. Dolağın uclarına tətbiq olunmuş gərginlik U olarsa, onun yartadığı güc

$$P = \frac{U^2}{R} = I \cdot U \quad (2)$$

Burada R dolaq məftilinin müqavimətidir. Nyuton ifadəsinə əsasən dolaqdan axan cərəyanın yaratdığı istilik miqdarı aşağıdakı kimidir:

$$P_i = K_T \cdot S \cdot t \quad (3)$$

Burada K_T istilikötürmə əmsalı, S dolaq pəncərəsinin sahəsi $S=ah$ və t dolağın qızma temperaturudur. (1) ifadəsində $I = \frac{P}{U}$ olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$F_M = \frac{P}{U} W \quad (4)$$

Fərz edək ki, dolağa tətbiq olunmuş güc tamamilə istiliyə ayrılmışdır. Onda $P = P_i = K_T \cdot S \cdot t$. Bunu (4) də yerinə yazsaq,

$$F_M = \frac{K_T \cdot S \cdot t \cdot W}{U}$$

Buradan dolaq pəncərəsinin sahəsi

$$S = \frac{F_M \cdot U}{K_T \cdot t \cdot W} \quad (5)$$

alınar. Dolaq pəncərəsinin sahəsi doldurma əmsalından da asılıdır. Hansı ki, bu əmsal məftillərin düzülüşünə görə təyin olunur. İki cür düzülmə növü var. Şahmatvari və yan-yana düzülmə. Diametri dairəvi olan məftilin şahmatvari düzülüş forması doldurma əmsalının ən böyük qiymətini verir. Doldurma əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır.

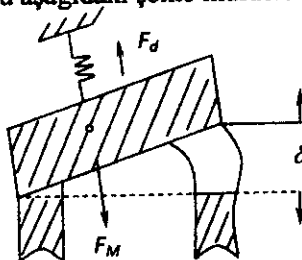
$$K_d = \frac{S_n}{S} \cdot W \quad (6)$$

Buradan naqilin en kəsik sahəsi tapılır.

$$S_n = \frac{S \cdot K_d}{W} = \frac{F_M \cdot U \cdot K_d}{K_T \cdot t \cdot W^2}$$

Bu düstur ölçüləri h və a olan dolaq daxilindəki dairəvi naqilin en kəsik sahəsini hesablamaq üçündür. Düsturda K_d doldurma əmsalı, K_T istilikötürmə əmsalı olub sorğu kitablarından götürülür. U dolağın uclarına tətbiq olunmuş gərginlikdir. W sarğılar sayı, F_M maqnit hərəkət qüvvəsidir ki, onlar da ayrı-ayrılıqda hesablanırlar.

Əvvəlcə elektromaqnitin maqnit hərəkət qüvvəsi hesablanmalıdır. Bilirik ki, maqnit hərəkət qüvvəsinin təsiri ilə lövbər nüvəyə doğru dartılır. Odur ki, bu qüvvəni elektromaqnitin dartı qüvvəsi də adlandırmaq olar. İndi dartı qüvvəsini hesablamaqdan ötrü aşağıdakı şəkllə müraciət edək.



Yayın tarazlıq vəziyyəti üçün yazmaq olar ki, $F_d = F_M$. Elektromaqnitin lövbərinin hərəkət etməsi üçün onun sarğısından axan cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsinin enerjisi $E_M = id\psi$ iki enerjiyə paylanır. Bunlardan biri lövbərin hərəkətinə sərf olunan enerji $F_l = F_d dx = F_d d\delta$. İkincisi isə səpələnmə selinə sərf olunan enerji dE_s . Yəni

$$-id\psi = F_d d\delta - dE_s \quad (8)$$

(8) ifadəsi enerjinin paylanması qanununu təmin edir. Buradan dartı qüvvə

$$F_d = -\frac{id\psi}{d\delta} + \frac{dE_s}{d\delta} \quad (9)$$

Nəzərə alsaq ki, $E_s = \frac{1}{2} i\psi$ onda,

$$F_d = -\frac{id\psi}{d\delta} + \frac{1}{2} i \frac{d\psi}{d\delta} = -\frac{1}{2} i \frac{d\psi}{d\delta} \quad (10)$$

Bu düstur sabit cərəyan elektromaqnitinin dartı qüvvəsidir. İndi əgər $\psi = \psi_b + \psi_s$ və ψ_s səpələnmə maqnit selinin məsafəsindən asılı olduğunu nəzərə alsaq, onda (10) ifadəsi aşağıdakı kimi alınar.

$$F_d = -\frac{1}{2} i \frac{d\psi_b}{d\delta} \quad (11)$$

Burada $\frac{d\psi_s}{d\delta} = 0$ alındı.

$\psi_\delta - \delta$ məsafəsindən axan ilişmə maqnit selidir. Onun qiyməti aşağıdakı kimidir.

$$\psi_\delta = \Phi_\delta \cdot W = iW^2 \cdot G_\delta \quad (12)$$

burada $\Phi_\delta = IWG_\delta$ işçi maqnit selinin qiymətidir. Hansı ki, $G = \mu_0 \frac{S}{\delta}$ döən lövbərli elektromaqnit maqnit keçiriciliyidir. Onda

$$\begin{aligned} F_d &= -\frac{1}{2} i \frac{d(iW^2 \cdot G_\delta)}{d\delta} = -\frac{1}{2} i^2 W^2 \frac{dG}{d\delta} = \\ &= -\frac{1}{2} (iW)^2 \mu_0 S \frac{d\delta}{d\delta} = -\frac{1}{2} (iW)^2 \frac{\mu_0 S}{\delta^2} \end{aligned} \quad (13)$$

“-” işarəsi elektromaqnitin dartı qüvvəsinin maqnit hərəkət qüvvəsinə əks yönəldiyini göstərir. Onu nəzərə alsaq və

$$\Phi_\delta = iWG = iW \frac{\mu_0 S}{\delta}$$

ifadəsindən

$$iW = \frac{\Phi_\delta \delta}{\mu_0 S}$$

olduğunu (13) ifadəsində yerinə yazsaq, alarıq:

$$F_d = \frac{1}{2} \frac{\Phi_\delta^2 \delta^2}{\mu_0^2 S^2} \cdot \frac{\mu_0 S}{\delta^2} = \frac{1}{2} \frac{\Phi_\delta^2}{\mu_0 S} = \frac{1}{2} \frac{B^2 S^2}{\mu_0 S} = \frac{1}{2} \frac{B^2 S}{\mu_0} \quad (14)$$

Bu ifadə Maksvelin qütblərdə bərabər ölçülü hava məsafəsi olduqda maqnit sahəsinin toplanmayan halı üçün dartı qüvvəsinin düsturudur.

Müxtəlif formaya malik elektromaqnitlər üçün dartı qüvvəsinə hesablayaq.

1. «III» şəkilli elektromaqnit üçün. Əgər (10) ifadəsindən

$$F_d = -\frac{1}{2} i^2 W^2 \frac{dG}{d\delta} \quad (15)$$

və bu düsturda

$$iW = \frac{B3\delta}{\mu_0} \quad \text{və} \quad \frac{dG}{d\delta} = -\frac{\mu_0 S}{3\delta^2}$$

münasibətlərini yerlərinə yazsaq, alarıq:

$$F_d = \frac{1}{2} \left(\frac{B3\delta}{\mu_0} \right)^2 \frac{\mu_0 S}{3\delta^2} = \frac{3}{2} \frac{B^2 S}{\mu_0} \quad (16)$$

2. «U» şəkilli elektromaqnit üçün.

$$F_d = -\frac{1}{2} (iW)^2 \frac{dG}{d\delta}$$

Bu düsturda

$$iW = \frac{B2\delta}{\mu_0}$$

və

$$\frac{dG}{d\delta} = -\frac{\mu_0 S}{2\delta^2}$$

münasibətlərini yerinə yazsaq, onda

$$F_d = \frac{1}{2} \left(\frac{B2\delta}{\mu_0} \right)^2 \frac{\mu_0 S}{2\delta^2} = \frac{B^2 S}{\mu_0} \quad (17)$$

Burada S elektromaqnitin maqnit seli axan hissələrinin sahələridir.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-4} \frac{hn}{m}$$

hn -henri, B- maqnit induksiyasıdır.

Düsturdan görünür ki, dərzi qüvvəsi əsasən elektromaqnitin ölçülərini xarakterizə edən S sahəsindən çox asılıdır.

İndi isə dolağın sarğılar sayını hesablamaq olar. Lövbərin tarazlıq vəziyyətinin düsturundan istifadə edib yazı bilərik

$$F_d = F_w = WI = W \frac{U}{R} = W \frac{US_n}{\rho l_{op}}$$

Buradan dolaqların sayı

$$W = \frac{F_d \rho l_{op}}{US_n} \quad (18)$$

(18) ifadəsindən S_n dolaq naqilinin en kəşik sahəsidir. Əgər naqil dairəvi en kəsiyə malik olarsa, $S_n = \frac{\pi d^2}{4}$ kimi hesablanır. $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \text{Om} \cdot m$

$$l_{op} = \frac{(D_d + D_x)}{2} \cdot \pi$$

dolaq daxilində orta uzunluqdur. Ümumi uzunluq isə

$$l_{üm} = l_{op} W$$

kimi hesablanır.

Nəhayət dolaq pəncərəsinin ölçülərini hesablamaq olar. (6) ifadəsinə əsasən

$$S = \frac{WS_n}{K_d} = \frac{W \pi d^2}{4K_d}$$

Əgər $S=ah$ olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$ah = \frac{W \pi d^2}{4K_d}$$

Adətən $\frac{a}{h} = \frac{1}{6}; \frac{2}{3}; \frac{1}{2}$ nisbətində götürülür. O zaman dolaq pəncərəsinin hündürlüyü

$$h = \frac{W \pi d^2}{a4K_d}$$

Burada $a=nh$ Onda

$$h = d \sqrt{\frac{W\pi}{4nK_d}} \quad (20)$$

Deməli, naqilin diametri və sarğılar sayı məlum olarsa, dolaq pəncərəsinin hündürlüyünü hesablamaq olar. Düsturda doldurma əmsalı $K_d = 0,3 \div 0,5$ kimi götürülür.

Yuxarıdakı hesablar elektromaqnit relenin elektromaqnitinin ölçülərini təyin etməkdən ötrü aparılır.

Lakin elektromaqnitin həm də kontaktları olduğundan onların ölçülərini tapmaq lazım gəlir. İndi isə kontaktların nə cür hesablanmasını izah edək.

§4.3 RELENİN KONTAKTLARININ HESABLANMASI

Kontaktlar kommutasiya prosesində iştirak edən detal olduğu üçün onlar müxtəlif erroziyalara məruz qalırlar. İlk növbədə kontaktlar yük altında açılıb bağlandığı üçün istilik erroziyasının təsiri altında olurlar. İstilik erroziyası dedikdə, kontaktlar açılan zaman onların arasında əmələ gələn qövs nəzərdə tutulmalıdır. Elektrik qövsünün təbiəti qazboşalma hadisəsinə əsasən izah olunur. Belə ki, kontaktlar bir-birindən aralandıqda onlar elektrod rolunu oynamağa başlayırlar. Həmin elektrodlar arasında qalan hava qatı elektrik sahəsinin təsiri ilə ionlaşır. Yəni həmin hissədə müsbət və mənfi ionlar əmələ gəlir. Odur ki, onlar sürətlə müxtəlif qütblərə doğru hərəkət edirlər ki, bu da işıqlanma ilə müşahidə olunur. Müsbət və mənfi ionların bu cür hərəkəti qövs cərəyanını əmələ gətirir ki, onun haqqında gələcəkdə qeyd olunacaqdır. İndi isə kontaktların və digər cərəyan daşıyan hissələrin ölçülərini təyin etmək üçün aşağıdakı tərzdə hərəkət edək.

Tutaq ki, uzunluğu l en kəsik sahəsi S olan naqildən I cərəyanı axarkən $0, t^{\circ}C$ temperatura qədər qızmışdır. Cərəyanın axması ilə ayrılan istilik Coul-Lents qanununa əsasən

$$Q_1 = I^2 R \quad (1)$$

ifadəsi ilə hesablanır. Lakin bu istilik ətrafa yayıldığı üçün ötürülən istilik miqarı Nyuton ifadəsi ilə hesablanmalıdır, yəni

$$Q_0 = K_T S t.$$

Enerjinin saxlanması qanununa əsasən $Q_1 = Q_0$. Onda

$$I^2 R = K_T S t$$

Burada $R = \rho \frac{l}{S}$ və $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$I^2 \rho_0(1 + \alpha t) \frac{l}{S} = K_T S t$$

Əgər ətraf mühitin temperaturunu nəzərə almasaq, onda naqilin en kəsik sahəsi

$$S^2 = \frac{I^2 \rho_0(1 + \alpha t)}{K_T t} \quad (2)$$

(2) ifadəsində əgər $S = \frac{\pi d^2}{4}$ olarsa, onda

$$\frac{\pi^2 d^4}{16} = \frac{I^2 \rho_0 l(1 + \alpha t)}{K_T t}$$

Buradan naqilin diametri

$$d = \sqrt[4]{\frac{16 I^2 \rho_0 l(1 + \alpha t)}{\pi^2 K_T t}} \quad (3)$$

kimi hesablanmalıdır. Əgər naqilin en kəsiyi düzbucaqlı olarsa, yəni $S = ab$ və $a = nb$ münasibəti olarsa, onda $S = nb^2$ və (2) ifadəsi aşağıdakı şəkildə olar.

$$nb^2 = \frac{I^2 \rho_0 l(1 + \alpha t)}{K_T t}$$

Buradan

$$b = I \sqrt{\frac{\rho_0 l(1 + \alpha t)}{n K_T t}} \quad (4)$$

alınar. (4) və (3) ifadələri müəyyən l uzunluğa malik naqilin t temperatura qədər qızdığı vaxt en kəsik sahəsinin ölçüləridir. Lakin elektrik aparatlarında

cərəyanın təsirindən başqa digər qızma növü də vardır. Bu qızma qövs cərəyanının təsiri ilə əmələ gəlir. Coul-Lents qanununa əsasən həmin cərəyanın qiymətini tapmaq olar. Yəni (1) ifadəsindən

$$l_q = \sqrt{\frac{Q_I}{R_q}} \quad (5)$$

burada $R = \rho \frac{l_q}{S_q}$ kimi hesablanır. l_q qövsün uzunluğu, S_q isə onun en kəsik sahəsidir. Əgər nəzərə alsaq ki, kontakt başlıqları dairəvi şəkindədir. Onda $S = \frac{\pi d^2}{4}$ olar. $l_q = l_k$ yəni, qövsün uzunluğu kontaktlar arasında məsafəyə bərabərdir.

Digər təfəddən qaz daxilində axan cərəyanın qiyməti onun ölçüləri və cərəyanda iştirak edən hissəciklərin konsentrasiyası ilə düz mütənəsbdir, yəni

$$l_q = \frac{\pi d^2}{4} v_q n q = S_q v_q n q \quad (6)$$

(5) və (6) ifadələrinin bərabərliyindən aşağıdakıları alırıq:

$$\sqrt{\frac{Q_I S_q}{\rho_q l_q}} = S_q v_q n q$$

burada

$$\rho_q = \frac{m_e v_q}{n q^2 l_q}$$

qövsün xüsusi müqavimətidir. Onda ifadəni kökdən qurtarmaqla xüsusi müqavimətin qiymətini yerinə yazsaq.

$$\frac{Q_I S_q n q^2 l_q}{m_e v_q l_q} = S_q^2 v_q^2 n^2 q^2$$

və ya

$$\frac{Q_I}{m_e} = S_q^3 n$$

burada $v_q = E \sqrt{\frac{1}{4 m_e \pi}}$ yüklü zərrəciklərin qövs daxilində sürətidir.

$$Q_I = \frac{U I}{t}$$

qövsün gücüdür. Onda

$$\frac{Ul}{tm_e} = S_q v_q \frac{E^2 n}{m_e 4\pi}$$

və ya

$$U = \frac{S_q E^2}{4\pi} n \quad (7)$$

(7) ifadəsi qövs gərginliyinin S_q kontakt sahəsindən asılı olaraq dəyişməsinə xarakterizə edir. Göründüyü kimi bu ifadədə əsasən iki kəmiyyət qövsün gərginliyinə təsir göstərir. Bunlardan biri kontakt sahəsi S_q , hansı ki, qövsün ən kəskin sahəsini xarakterizə edir, digəri kontaktlar arasındakı elektrik sahəsidir. Adətən qövsdə iştirak edən yüklü hissəciklərin n sayı sabit götürülür. Odur ki, $\frac{n}{4\pi} = k$ kimi yazmaq olar. Onda (7) ifadəsi aşağıdakı şəkllə düşər.

$$U = S_q E^2 k \quad (8)$$

Əgər nəzərə alsaq ki, $E = \frac{U}{l}$ onda

$$U = \frac{l_q^2}{k S_q} \quad (9)$$

l_q qövsün uzunluğudur. (7) ifadəsindən fərqli olaraq (9) ifadəsində qövs gərginliyinin qövsün ölçülərindən asılılığı göstərilmişdir. Əgər biz qövs gərginliyini bilsək kontaktlar arasındakı məsafəni və onların ölçülərini hesablaya bilərik. Beləliklə, nəticə olaraq relenin kontaktlarının onların arasında əmələ gələn qövsdən asılılığı meydana çıxdı. İndi relenin digər əsas parametri olan v onun işinə təsir edən elektrodinamiki qüvvələrin hesablanmasına baxaq.

§4.4 RELENİN CƏRƏYAN KEÇİRƏN HİSSƏLƏRİ ARASINDAKI ELEKTRODİNAMİKİ QÜVVƏLƏRİN HESABLANMASI

Maqnit sahəsinin cərəyanlı naqilə təsir qüvvəsinə elktrodinamiki qüvvə deyilir, yəni

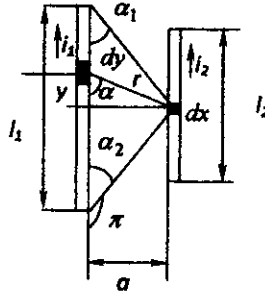
$$dF = idlB \quad (1)$$

burada i - dl uzunluğuna malik naqildən axan cərəyan, B -maqnit sahəsinin induksiyasıdır. Bu qüvvənin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur, yəni maqnit sahə xətləri ovucun içinə perpendikulyar olmaq şərti ilə baş barmağın

istişaməti e.d.q.-nın istişamətini, digər barmaqlarının istişaməti isə cərəyanın istişamətini göstərir.

Elektrik aparatlarında elektrodinamiki qüvvələrin yaranması üçün bir neçə hallar ola bilər ki, o da aşağıdakılardır:

1. İki paralel naqil arasında yaranan e.d.q.-lər. Tutaq ki, bir-birindən a məsafədə uzunluqları l_1 və l_2 olan iki naqildən eyni istişamətdə i_1 və i_2 cərəyanları axır.



i_1 cərəyanının l_1 naqilinin hər hansı dy hissəsində yaratdığı maqnit sahəsinin induksiyası Bio-Savar-Laplas qanununa əsasən

$$dB = \mu_0 dH = \frac{\mu_0 i_1 dy}{4\pi r^2} \sin\alpha \quad (2)$$

Ümumi naqil üzrə maqnit induksiyası

$$B = \int_0^{l_1} \frac{\mu_0 dy}{4\pi r^2} \sin\alpha = 10^{-7} i_1 \int_0^{l_1} \frac{dy}{r^2} \sin\alpha \quad (3)$$

Şəklə əsasən

$$Y = \frac{a}{\operatorname{tg}\alpha}, \quad r = \frac{a}{\sin\alpha}$$

olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$B = 10^{-7} i_1 \int_0^{l_1} \left(\frac{a}{\operatorname{tg}\alpha} \right) d \frac{\sin^2\alpha}{a^2} \sin\alpha = -10^{-7} i_1 \int_0^{l_1} \frac{\sin\alpha}{a} d\alpha \quad (4)$$

(4) ifadəsində α dəyişən olduğu üçün və l_1 uzunluğu, α_1 və $\pi - \alpha_2$ bucaqları arasında qaldığı üçün inteqral aşağıdakı kimi yazılmalıdır.

$$B = -\frac{10^{-7} i_1}{a} \int_{\pi-\alpha_2}^{\alpha_1} \frac{\sin\alpha}{a} d\alpha = \frac{10^{-7} i_1}{a} (\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2) \quad (5)$$

(5) ifadəsini (1)-də yerinə yazıb və $l_1 = l_2 = l$ əvəzləməsi apararaq 0 dan l -ə kimi inteqrallasaq, onda l_1 və l_2 naqilləri arasında yaranan e.d.q. aşağıdakı kimi hesablanacaqdır.

$$F = \int_0^l B i_2 dx = \int_0^l \frac{10^{-7} i_1 i_2}{a} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) dx$$

Burada

$$\cos \alpha_1 = \frac{l - x}{\sqrt{(l - x)^2 + a^2}}$$

və

$$\cos \alpha_2 = \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

əvəzləmələrini aparsaq, onda

$$\begin{aligned} F &= \frac{10^{-7} i_1 i_2}{a} \int_0^l \left[\frac{l - x}{\sqrt{(l - x)^2 + a^2}} + \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} \right] dx = \\ &= 10^{-7} i_1 i_2 \frac{2l}{a} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

(6) ifadəsində $\frac{2l}{a} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right] = k_d$ naqilin ölçüləri və aralarında qalan məsafədən asılı olan bir kəmiyyət olduğu üçün həndəsi faktor adlanır, onda e.d.q. aşağıdakı kimi hesablanır:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 k_d$$

Bu düstur iki eyni uzunluğa malik naqildən eyni istiqamətə axan cərəyanlar arasında yaranan e.d.q.-nin hesablanması üçündür. Düsturda 10^{-7} rəqəmi

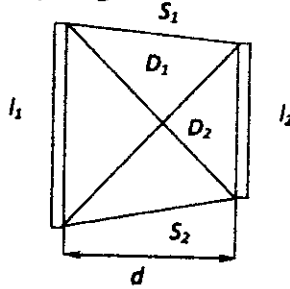
$$\frac{\mu_0}{4\pi} = \frac{10^{-7} 4\pi}{4\pi}$$

əvəzləməsi zamanı alınmışdır. μ_0 havanın maqnit keçiriciliyidir. O, $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ hñ/m}$ - dir.

k_d əmsalı cərəyan axan naqillərin həndəsi ölçülərindən asılı olduğu üçün xüsusi cədvəllərdə hesablanır. Lakin k_d -nin hesablanması üçün ən sadə Xolyavskiy düsturunda vardır.

$$k_d = \frac{\sum D - \sum S}{a} \quad (8)$$

(8) ifadəsində D müxtəlif uzunluğa malik olan naqillərin əks ucları arasındakı məsafələrin cəmi, S qarşılıqlı ucları arasındakı məsafələrin cəmidir. Aşağıdakı şəkildə bunu aydın görmək olar.

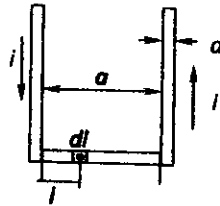


Yəni,

$$k_d = \frac{D_1 + D_2 - S_1 + S_2}{a}$$

Burada D_1, D_2 və S_1, S_2 trapesiyanın uyğun olaraq diaqonalları və yanlarıdır.

2. İkiqapanan naqıl arasında e.d.q.-lərin hesablanması. Əgər biz iki paralel naqili üçüncü bir naqillə qapasaq, onda cərəyan bir naqildən o birinə axacaqdır.



O vaxt bu cərəyanlar arasında əmələ gələn elektrodinamiki qüvvə aşağıdakı kimi hesablanır.

Burada

$$dF = iBdl \quad (1)$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi l}$$

Onda

$$dF = \frac{\mu_0}{4\pi} i^2 \frac{dl}{l} \quad (2)$$

Naqillər arasındakı məsafə a və naqillərin diametri d olarsa, onda tam e.d.q. aşağıdakı kimi hesablanır.

$$F = 2 \int_{d/2}^a \frac{\mu_0}{4\pi} i^2 \frac{dl}{l} = 2 \frac{\mu_0}{4\pi} i^2 \ln \frac{a}{d/2} = 2 \cdot 10^{-7} i^2 \ln \frac{2a}{d} \quad (3)$$

(3) ifadəsində 2 rəqəmi hər iki naqilin dl parçasına göstərdiyi e.d.q.-nin eyni olduğunu xarakterizə edir. Yəni dl parçasına iki eyni qüvvə təsir göstərir. Cərəyanların qiyməti bərabər, lakin istiqamətləri əks olduğu üçün naqillər bir-birini itələyirlər.

(3) ifadəsi qapayıcı naqil üçün o vaxt düzgün hesab olunur ki, paralel naqillərin en kəsik sahələri bir-birinə bərabər olsun. Əgər naqillərin en kəsik sahəsi müxtəlif olarsa, dl parçasına təsir göstərən e.d.q. qiyməti də dəyişəcəkdir. Bu halda elektrodinamiki qüvvələri aşağıdakı düsturla hesablamaq lazımdır.

$$F = \frac{dA}{dl} = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dl} \quad (4)$$

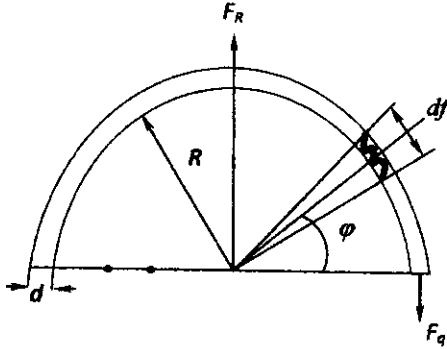
Burada

$$L = 4 \cdot 10^{-7} \left[i^2 \ln \frac{2a}{d} + 0,25 \right] l \quad (5)$$

iki qapanan naqilin induktivliyidir. Onda

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \left[i^2 \ln \frac{2a}{d} + 0,25 \right] \quad (6)$$

3. *Sarğılar arasında yaranan e.d.q.-lərin hesablanması.* Qeyd etmək lazımdır ki, elektrik aparatlarında maqnit sahəsini yaradan sarğaclarda sarğılar arasında e.d.q.-lər əmələ gəlir ki, bu da sarğının dağılmasına gətirib çıxarır. Odur ki, sarğıları sarıyan zaman bunu nəzərə almaq lazımdır. Sarğının dağıdan e.d.q.-ni hesablamaq üçün aşağıdakı şəkllə müraciət edək.



Şəklə əsasən

$$F_q = 2 \int_0^{\pi/2} f_R R \cos \varphi d\varphi \quad (1)$$

burada

$$f_R = \frac{F_R}{2\pi R} \quad (2)$$

Onda

$$F_q = 2 \int_0^{\pi/2} \frac{F_R}{2\pi R} R \cos \varphi d\varphi \quad (3)$$

burada F_R çevrəvi e. d. q. –dir. Onu hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur.

$$F_R = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dR} \quad (4)$$

Bu ifadə elektrodinamiki qüvvələri hesablayan energetik düstur adlanır. Düsturda

$$L = 4\pi R \left[\ln \frac{8R}{r} - 1,75 \right] 10^{-7} \quad (5)$$

dairəvi naqilin induktivliyidir. $r = \frac{d}{2}$ naqilin radiusudur. Onda (4) ifadəsi aşağıdakı kimi alınır.

$$F_R = 2\pi i^2 10^{-7} \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right) \quad (6)$$

(6) ifadəsini (3)-də yerinə yazsaq, alarıq:

$$F_q = 2 \int_0^{\pi/2} i^2 10^{-7} \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right) \cos \varphi d\varphi = i^2 10^{-7} \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right) \quad (7)$$

Bu düstur bir ədəd sarğının yaratdığı e.d.q.-nın hesablaması üçündür. Əgər w sayda sarğı olarsa, onda

$$F_q = (iw)^2 10^{-7} \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right) \quad (8)$$

olar. Bildiyimiz kimi, sarğılar müxtəlif diametr üzrə və müxtəlif en kəsiyə malik naqillərdən sarılır. Bunları və digər faktorları da nəzərə alıqda e.d.q.-lərin hesablanması başqa düsturlarla gedir. Daha dəqiqliklə e.d.q.-ləri hesablaması lazım gələrsə kitabın arxasında istifadə olunan ədəbiyyatlara müraciət etmək olar. Odur ki, bununla kifayətlənirik.

§ 4.5 DƏYİŞƏN CƏRƏYAN ELEKTROMAQNİT RELESİNİN HESABLANMASI

Dəyişən cərəyan dəyişən maqnit sahəsi əmələ gətirdiyi üçün bu cür maqnit sahəsinin yaratdığı maqnit dartı qüvvəsi də dəyişəcəkdir. Qüvvənin dəyişən vəziyyətdə olması elektrik kontaktlarının bir-birinə möhkəm sıxılmasını təmin etməyəcək. Nəticədə kontaktların qapandığı dövrdə bir çox mənfi hallar baş verəcəkdir. Məsələn, kontaktlardan axan cərəyan müəyyən fasilələrlə verildiyi üçün həmin dövrənin dayanıqlı işləməsi mümkün olmayacaq. Dəyişən cərəyan relələrində bu cür titrəmələri azaltmaqdan ötrü əsas maqnit sahəsinin əksinə olaraq əlavə maqnit sahəsi yaradılır ki, bu maqnit sahəsinə də yaradan əlavə əsas maqnit sahəsinin özü olur. Əgər elektromaqnitin yarımının içində qısa qapanmış şəkildə mis və ya alüminium həlqə yerləşdirsək, bu zaman əsas maqnit sahəsinin təsiri ilə bu qısa qapanan həlqədə müəyyən qiymətə malik olan cərəyan axacaq ki, həmin bu cərəyanın istiqaməti burğu qaydası vasitəsi ilə təyin olunacaqdır. Yəni cərəyan yarımının ətrafına fırlanan şəkildə olacaqdır. O zaman cərəyanın özünün maqnit sahəsi də mövcud olacaqdır ki, bu sahənin istiqaməti əsas maqnit sahəsinin istiqamətinin əksinə yönələcəkdir. Bu sahənin yaratdığı m.h.q. aşağıdakı kimi hesablanacaq.

$$F_{qq}^m = i_{qq} \cdot W_{qq} \quad (1)$$

burada i_{qq} – qısa qapanma həlqəsindən axan cərəyan W_{qq} – isə qısa qapanma həlqəsinin sarğılar sayıdır.

Digər tərəfdən qısa qapanma cərəyanı aşağıdakı ifadə ilə hesablanacaqdır.

$$i_{qq} = \frac{U_{qq}}{r_{qq}} \quad (2)$$

hansı ki, U_{qq} – əsas maqnit sahəsinin qısa qapanma həlqəsində yaratdığı induksiya elektrik hərəkət qüvvəsidir. r_{qq} – qısa qapanma həlqəsinin müqavimətidir. İnduksiya e.h.q. aşağıdakı kimi hesablanır.

$$U_{qq} = -W \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

(3) -ü (2) və onu da (1) – də yerinə yazsaq alarıq:

$$F_{qq} = -\frac{W_{qq}}{r_{qq}} \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (4)$$

Ümumi maqnit hərəkət qüvvəsinin energetik balans düsturu aşağıdakı kimidir:

$$F_{\text{üm}}^m = F_{\rho}^m - F_{q,q}^m \quad (5)$$

(5) ifadəsində $F_{\text{üm}}^m = J \cdot W_{\rho,s}$ və $F_{\rho}^m = \Phi \cdot R_{\text{üm}}$ kimi hesablanır. Burada J – sarğacdaxan cərəyan, $W_{\rho,s}$ – əsas sarğacın sarğılar sayı $R_{\text{üm}}$ – relenin ümumi maqnit dövrəsinin maqnit müqaviməti, Φ – maqnit sahəsinin axın selidir. Onda (5) ifadəsi aşağıdakı şəkildə düşər:

$$JW_{\rho,s} = \Phi \cdot R_{\text{üm}} + \frac{W_{qq}^2}{r_{qq}} \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (6)$$

Buradan qısa qapanma həlqəsinin müqaviməti aşağıdakı kimi hesablanacaq:

$$r_{qq} = \frac{JW_{\rho,s} - \Phi \cdot R_{\text{üm}}}{W_{qq}^2 \frac{d\Phi}{dt}} \quad (7)$$

İfadədə Φ – maqnit seli dəyişən kəmiyyət olduğu üçün onun hesablanması aşağıdakı şəkildə aparılmalıdır. (6) ifadəsinə diqqətlə nəzər yetirdikdə görmək olar ki, bir-birilə ardıcıl qoşulmuş aktivə induktiv müqavimətli adi elektrik dövrəsinin analoji olaraq tənliyinə bənzəyir, yəni

$$U = iR + L \frac{di}{dt} \quad (8)$$

(6) və (8) ifadələrində müqayisə üsulu ilə aşağıdakıları yazmaq olar:

$$\Phi \rightarrow i, \quad R_{\text{üm}} \rightarrow R, \quad L \rightarrow \frac{W_{qq}^2}{r_{qq}}$$

Onda adi elektrik dövrəsi üçün apardığımız hesablamaları analoji olaraq maqnit dövrəsi üçün də apara bilərik. Onda maqnit dövrəsi üçün kompleks şəkildə aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\hat{F} = \Phi R_{\text{üm}} + \Phi J x_{q,q} \quad (9)$$

Burada $x_{qq} = \omega \cdot \frac{W_{qq}^2}{r_{qq}}$ – dövrənin reaktiv müqavimətidir. Analoji olaraq maqnit selinin maksimal qiyməti

$$\Phi_m = \frac{F_{üm}}{Z_{üm}} = \frac{JW}{\sqrt{R_{üm}^2 + x_{qq}^2}} \quad (10)$$

Dəyişən cərəyan elektromaqnitinin sarğısını hesablamaq üçün aşağıdakı kimi hərəkət etməliyik. Tutaq ki, sarğaca dəyişən U – gərginliyi tətbiq olunmuşdur. Bu gərginliyin sinusoidal olduğunu qeyd etsək onda onun maksimal qiyməti ilə münasibəti aşağıdakı kimi olar.

$$U = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (11)$$

Bu gərginliyin yaratdığı maqnit sahəsi polad içlikdən keçərək yenidən sarğacın konturunda qapandığı üçün sarğılarda öz – özünə induksiya əmələ gələcəkdir. Özü də bu induksiya e.h.q. –si həmin bu gərginliyin əksinə yönəlmiş olacaq. İnduksiya e.h.q. – si U_s – ilə işarə etsək onda

$$U_s = -W \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (12)$$

yazmaq olar. Yuxarıda söylədiklərimizi nəzərə alsaq yazə bilərik.

$$U = -U_s$$

və ya

$$U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = W \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Bu ifadəni 0 – dan $\pi/2$ – ə kimi inteqrallasaq aşağıdakı

$$\Phi = \frac{U_m}{\omega W} \cdot \sin\omega t$$

alırıq. Burada

$$\frac{U_m}{\omega W} = \Phi_m$$

ilə işarə olunur. Onda sarğacda əmələ gələn sinusoidal maqnit seli

$$\Phi = \Phi_m \sin\omega t \quad (13)$$

kimi hesablanacaq. $\frac{U_m}{\omega W} = \Phi_m$ – ifadəsində $U_m = \sqrt{2}U$ olduğunu nəzərə alsaq, onda aşağıdakı ifadəni almış olarıq.

$$\frac{\sqrt{2}U}{\omega W} = \Phi_m$$

Buradan sarğının sayı

$$W = \frac{\sqrt{2}U}{\omega\Phi_m} \quad (14)$$

kimi hesablanacaqdır.

$$\frac{\sqrt{2}}{\omega} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi f} = \frac{1}{4,44 \cdot f}$$

bunu (14) – də yerinə yazsaq alarıq.

$$W = \frac{U}{4,44 \cdot f \Phi_m} \quad (15)$$

(15) ifadəsi dəyişən cərəyan sarğısının sarğılar sayının hesablamaq üçündür. Sarğılar sayı hesablandıqdan sonra sabit cərəyan sarğısında olduğu kimi sarğıacın ölçüləri hesablanır.

Dəyişən cərəyan elektromaqnitinin dartı qüvvəsinin hesablanması. Sabit cərəyan elektromaqnitlərinin dartı qüvvəsini hesablayarkən (§ 4.2 14). Maksvelin ifadəsini yazmışdıq.

$$F_d = \frac{1}{2} \frac{\Phi^2}{\mu_0 S}$$

Bu ifadədə Φ – maqnit seli dəyişən kəmiyyət olarsa, yəni $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ olarsa, onda

$$F_d = \frac{1}{2} \frac{\Phi_m^2 \sin^2 \omega t}{\mu_0 S} \quad (16)$$

yazmaq olar. Əgər $F_m = \frac{\Phi_m^2}{\mu_0 S}$ işarə etsək, onda

$$F_d = F_m \cdot \sin^2 \omega t$$

alınar. Hansı ki,

$$\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}$$

onda

$$F_d = \frac{F_m}{2} - \frac{F_m}{2} \cos 2\omega t \quad (17)$$

(17) ifadəsində $\frac{F_m}{2}$ – qüvvənin sabit mürəkkəbəsi; $\frac{F_m}{2} \cos 2\omega t$ isə dəyişən mürəkkəbəsidir. Deməli, buradan belə nəticə çıxartmaq olar ki, dəyişən cərəyan elektromaqnitlərində lövbərə iki qüvvə təsir göstərir. Bu qüvvələrdən biri dartı qüvvəsinin yarısı qədər olur. Digəri isə kosinus qanunu ilə dəyişərək titrəmə əmələ gətirir. Həmin titrəmənin də qarşısını almaqdan ötrü əvvəldə qeyd etdik ki, yarmonun üstündə qısa qapanma həlqəsi qoymaq lazımdır.

Qısa qapanma həlqəsinin özünün yaratdığı dartı qüvvəsi isə aşağıdakı kimi hesablanacaq.

$$F_{daq} = \frac{F_{mqq}}{2} - \frac{F_{mqq}}{2} \cos(2\omega t + 2\varphi) \quad (18)$$

Burada F_{mqq} – qısa qapanma həlqəsinin yaratdığı dartı qüvvəsinin maksimum qiyməti, φ – isə həmin yaratdığı qüvvənin əsas dartı qüvvəsi ilə əmələ gətirdiyi bucaqdır. Onda lövbərə təsir edən ümumi qüvvə

$$F = F_d + F_{daq} = \left(\frac{F_m}{2} + \frac{F_{mqq}}{2} \right) - \left[\frac{F_m}{2} \cos 2\omega t + \frac{F_{mqq}}{2} \cos(2\omega t + 2\varphi) \right] \quad (19)$$

(19) ifadəsində dəyişən mürəkkəbə sıfıra bərabər olarsa, yəni döyünmə minimal həddə çatdırılırsa onda dartı qüvvəsi

$$F = \frac{1}{2}(F_m + F_{mqq}) \quad (20)$$

Bu isə aşağıdakı şərtlər daxilində mümkündür.

1) $\varphi = \frac{\pi}{2}$, bu zaman

$$\frac{F_m}{2} \cos 2\omega t = -\frac{F_{mqq}}{2} \cos(2\omega t + \pi)$$

Deməli

$$\frac{F_m}{2} \cos 2\omega t = -\frac{F_{mqq}}{2} \cos 2\omega t,$$

yəni

$$F_m = F_{mqq}$$

2) $\frac{F_m}{2} = \frac{F_{mqq}}{2}$, onda $F = F_m$.

Hər iki halda (19) tənliyinin həlli ödənilirdiyi üçün (20) tənliyini almaq mümkündür. Bu isə dartı qüvvəsinin orta qiymətini hesablamaq üçün imkan yaradır.

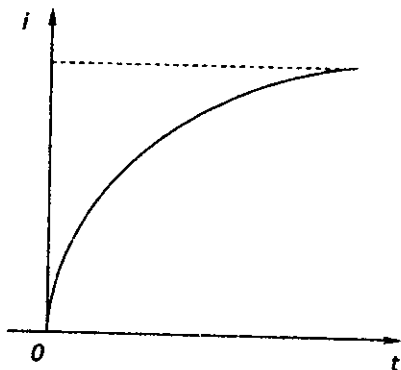
§ 4.6. KONTAKTSIZ RELELƏR HAQQINDA

Əvvəlki paraqraflarda qeyd etdik ki, böyük güc tələb edən dövrləri açılıb bağlamaqdan ötrü relelər, kontaktorlar, ümumiyyətlə, kommutasiya aparatları lazım olur. Bu cür aparatlarda qəvs hadisəsi, titrəyiş kontaktların tez sıradan çıxmasına gətirib çıxarır. Ümumiyyətlə isə bu cür hadisələr rele və kontaktor vasitəsi ilə qoşulan dövrlərin dayanıqlı işləməsini təmin etmir. Məsələn, adi

induktiv və aktiv müqavimətli sabit cərəyan dövrəsində cərəyan aşağıdakı ifadəyə əsasən dəyişir.

$$i = J_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (1)$$

Əgər $e^{-\frac{t}{\tau}} = 1$ olarsa, yəni $-\frac{t}{\tau} = 0$ və ya $t = 0$ olarsa, bu zaman dövrdə cərəyan $i = 0$ alınır. Qrafiki olaraq bu aşağıdakı kimidir.

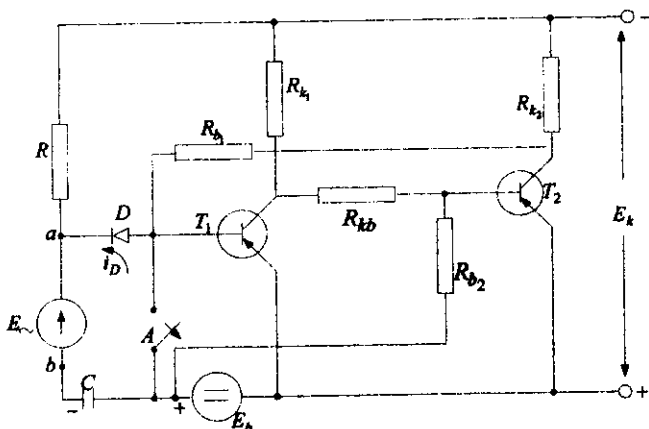


Burada τ – zaman sabitidir. Bir cəhətdən bu yaxşıdır, çünki dövrə açılan vaxt cərəyan kəsildiyi üçün həmin dövrdəki işlədiciyə gərginlik qalmır. Lakin dəyişən cərəyan relələrdə bu hal arzu edilməzdir. Çünki titrəyiş hər dəfə dövrənin cərəyanını kəsdikdə, həmin dövrənin dayanıqlığı azalır.

Bütün bunları nəzərə alaraq elektron sxemlərində kontaktsiz elektrik aparatlarından istifadə olunur.

Kontaktsiz elektrik aparatları dedikdə, əsas elektron cihazlarından yığılmış kiçik elektron sxemləri nəzərdə tutulur. Bunlar tranzistorlar, tristorlar, maqnit gücləndiriciləri, diodlar və s. olurlar.

Tranzistorların açar variantına malik olması haqqında əvvəlki paragraflarda (§3.16) qeyd etmişdik. İndi həmin rejimdə işləyən zaman reləsi sxemini nəzərdən keçirək.



İlk baxışda bu sxem ümumi emitterli tranzistorun iki kaskadlı gücləndirmə sxemini xatırladır. Ancaq burada əlavə olaraq R – zaman artırıcı müqaviməti, D – diodu, C – kondensatoru və A – açarı mövcuddur. Sxemin iş prinsipi aşağıdakı kimidir. Sxemin başlanğıc vəziyyəti kimi A – açarının qapalı halı götürülür. Bu zaman T_1 – tranzistoru E_b – mənbəyinin təsiri ilə bağlıdır. D – diodu açılaraq C – kondensatorunu R müqavimətinə boşaldır. Axan cərəyan

$$i_D = \frac{E_b + E_k}{R} \quad (1)$$

kimi hesablanabilir. Ancaq burada E_c – mənbəsi xüsusi impuls yaradan mənbə kimi götürülür ki, o bu anda a və b – nöqtələri arasına qoşulmur. Yəni ab xətti C – kondensatorunu R müqaviməti ilə birləşdirir.

Elə ki, A – açarı açıldı D – diodu bağlanır və E_b – mənbəyi vasitəsi ilə C – kondensatoru dolmağa başlayır. Bu zaman onun gərginliyi

$$U_C = (E_k + E_b) \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (2)$$

kimi hesablanacaq. Bu işə o deməkdir ki, kondensatorun dolması üçün müəyyən t – zaman fasiləsi tələb olunacaq ki, bu müddətdə də T_1 – tranzistoru qapalı olur. Kondensator dolduqdan sonra E_k – mənbəyinin mənfə qütbü R_{k_2} və R_{b_k} – müqavimətlərindən axan

$$i_D = \frac{E_k}{R}$$

cərəyanı nəticəsində T_1 – tranzistoru bazasına mənfi gərginlik tətbiq edir ki, bu da onu açır. T_1 – tranzistorunun qapalı qalma müddəti aşağıdakı ifadə ilə hesablanabilir:

$$t_q = RC \cdot \ln \left(1 + \frac{E_b}{E_k} \right) \quad (3)$$

T_1 – tranzistorun işləməsi ilə T_2 –nin bazasına müsbət gərginlik verilir ki, bu gərginlik də onu qapayır. Yəni bu, relenin qapanması deməkdir. (3) ifadəsindən aydın görünür ki, t_q – qapanma müddətini artırmaqdan ötrü R və C – elementlərinin qiymətlərini artırmaq lazımdır. Lakin R – müqavimətini artırırsa i_D – cərəyanı ondan axa bilməz. Nəticədə isə relenin işləməsi mümkün olmaz. Bu məqsədlə də E_{\sim} – impuls mənbəyi tətbiq olunur ki, bu da i_D – cərəyanının a və b – nöqtələri arasında axmasını təmin edir.

Kontaktsiz relelər haqqında çoxlu nümunələr göstərmək olar. Bunların içərisində cərəyan, gərginlik releləri də mövcuddur. Bu relelər avtomatika və telemexanikanın demək olar ki, əsasını təşkil edirlər. Son zamanlar isə bu relelər rabitədə geniş istifadə olunur.

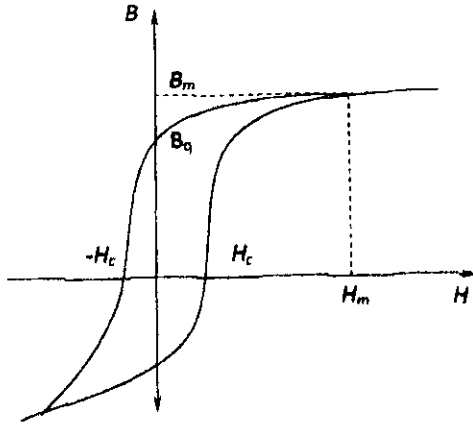
§ 4.7. MAQNİT GÜCLƏNDİRİCİLƏRİ

Dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş aktiv və induktiv müqavimətlərdə gedən proseslərdən bilirik ki, aktiv müqavimətdə olan gərginlik düşgüsü cərəyanın müəyyən hissəsinin istiliyə ayrılması ilə baş verir. İnduktivlikdə isə bu gərginlik düşgüsü maqnit sahəsinin əmələ gəlməsinə sərf olunur. Hətta onlar üçün aşağıdakı ifadəni də yazmışdıq.

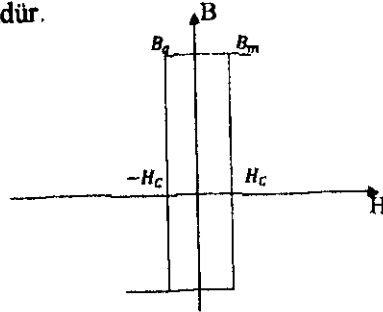
$$U = iR + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

Əgər induktivliyin yerinə maqnit içlikli sarğac qoysaq bu zaman induktivlikdə əmələ gələn maqnit sahəsi həmin içlikdə qapanaraq itkiyə yol verilməyəcəkdir. Yəni maqnit sahəsi səpələnməyib dəmirdən hazırlanmış içlikdən axmağa başlayacaqdır. Biz metalların maqnit xassələrinə malik olması haqqında danışmışdıq (§1.6). Xüsusi olaraq ferromaqnitlər haqqında bir qədər geniş məlumat verək. İki cür ferromaqnit materialları var. Yüksək maqnit keçiriciliyinə malik olan ferromaqnit materialları və aşağı maqnit keçiriciliyinə malik maqnit materialları maqnitləşmə xüsusiyyəti təyin etməkdən ötrü histerezis ilgəyi adlanan maqnitləşmə xarakteristikasından

istifadə olunur. Bu xarakteristika $B = f(H)$ ayrıləridir ki, aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Qrafikdən görüldüyü kimi maqnit intensivliyinin sıfır qiymətində maqnit induksiya müəyyən B_q – qalıq qiymətinə malikdir. Bu onu göstərir ki, ferromaqnit materialları özlərində maqnit saxlama xüsusiyyətinə malikdirlər. Sahənin maqnit intensivliyi müəyyən H_c – qiymətinə qədər artdıqda induksiyanın qiyməti də artır. Lakin bu artım çox zəif olarsa belə ferromaqnit ideal ferromaqnit adlanır. Belə ferromaqnitlərdə histerezis əyrisi düzbucaqlı şəkildə olur. Yəni ideal ferromaqnitdə $B_q = B_m$ olur. Aşağıdakı şəkildə bunu əyani görmək mümkündür.



İdeal ferromaqnitlə adi ferromaqnit arasında fərqi göstərməkdən ötrü düzbucaqlılıq əmsalından istifadə olunur.

$$k_{d\partial} \approx \frac{B_q}{B_m} \quad (2)$$

yəni əgər $k_{da} = 1$ olarsa $B_q = B_m$ olur ki, bu da ideal ferremaqnit deməkdir. Bundan başqa ferromaqnit maqnitlənmə və maqmitsizləşmə vəziyyətləri arasında olan maqnit sahə intensivliyi də mövcuddur ki, buna koersativ qüvvə deyilir. Bu əslində histerezis əyrisinin eni olur. Yəni $-H_c + +H_c$ aralığıdır. Əgər koersativ qüvvə böyük olarsa yəni $-H_c + +H_c -$ aralığı enli olarsa bu maqnitlərə sabit maqnitlər deyilir.

Maqnit induksiyasının maqnit sahə intensivliyindən asılığında kimi hesablanır.

$$B = \mu H \quad (3)$$

burada $\mu = 1 + 4\pi x$ - maqnit nüfuzluğu adlanır. x - isə metalın maqnit götürmək qabiliyyətini xarakterizə edən əmsəldir. O metal daxilində olan kiçik maqnit cərəyanlarının və sahə intensivliyinin qiymətlərindən asılıdır. Yəni

$$x = \frac{l}{H} \quad (4)$$

burada l - metal daxilində olan maqnit cərəyanlarının cəmidir. (Bu haqda §1.6 da qeyd olunmuşdu).

Əgər biz nəzərə alsaq ki, maqnit sahəsi hər hansı l_n - uzunluğa malik olan içlikdə yaranır, onda maqnit sahə intensivliyi

$$H = \frac{F_m}{l_n} \quad (5)$$

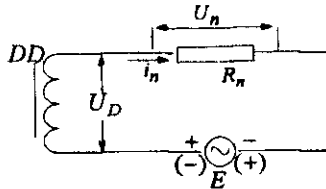
hansı ki, burada $F_m = J \cdot W$ - maqnit sahəsini yaradan sarğının maqnitləşmə qüvvəsidir. W - sarğının sarğılar sayıdır. J - sarğacdaxan cərəyandır. Bunları (3) ifadəsində yerinə yazsaq alarıq:

$$B = \frac{\mu F_m}{l_n} = \frac{\mu J W}{l_n} \quad (6)$$

Deməli, maqnit içlikli sarğacda əmələ gələn maqnit induksiyası sarğacdaxan cərəyanla, sarğacın sarğılar sayı ilə düz mütənasibdir. Maqnit içliyin uzunluğu ilə tərs mütənasibdir. İçlikli sarğacın bu xüsusiyyətindən istifadə edib onu tənzimləmə sxemlərində tətbiq etmək olar. Bu cür içlikli sarğaclar drossil adlanır. Adətən drossellər dəyişən cərəyan dövrlərinə qoşulduğu üçün onlarda əks e.h.q. əmələ gəlir. Əgər dövrdəki aktiv itkiləri (iR) nəzərə almasaq drosseldə əmələ gələn əks e.h.q. elə drosseldəki gərginlik düşgüsünə bərabər olacaqdır. Yəni (1) ifadəsində

$$U = U_{pr} = U_o = L \frac{di}{dt} = \frac{d\psi}{dt} = W \frac{d\Phi}{dt} = SW \frac{dB}{dt} \quad (7)$$

Deməli, dövrdəki gərginliyi dəyişmək üçün drosseldəki maqnit induksiyasını dəyişmək kifayətdir. Drosselin bu cür xüsusiyyətə malik olmasını bir qədər araşdıraraq. Bunun üçün aşağıdakı sxemə müraciət edək.



Sxemə əsasən yazmaq olar ki,

$$E = U_n + U_{Dn} \quad (8)$$

Burada

$$E = i_n \cdot R_n + SW \frac{dB}{dt} \quad (9)$$

E – gərginlik mənbəyinin təsiri ilə DD – drosseli maqnitləşir. Bu E – mənbəyinin müsbət yarımperiodu ərzində baş verir. Mənfi yarımperiod gəldikdə isə drosseldən əksinə cərəyan axdığı üçün öz-özünə induksiya əmələ gələcək ki, bu əsas i_n cərəyanının əksinə yönəldiyindən $i_n = 0$ olacaqdır. Onda (9) ifadəsinə əsasən

$$E = U_{Dn} = WS \frac{dB}{dt} \quad (10)$$

(10) ifadəsindən maqnit induksiyasının bir tam period ərzindəki qiyməti

$$\int_0^t dB = \frac{1}{WS} \int_0^t E dt$$

hansı ki, $E = E_m \sin \omega t$ onda

$$B(t) - B(0) = \frac{E_m}{WS} \int_0^t \sin \omega t dt$$

və ya

$$\Delta B = \frac{E_m}{\omega WS} \cdot (1 - \cos \omega t) = B_m (1 - \cos \omega t) \quad (11)$$

maqnit induksiyasının orta qiyməti

$$B_{or} = \frac{B(t) + B(0)}{2} = \frac{\Delta B}{2}$$

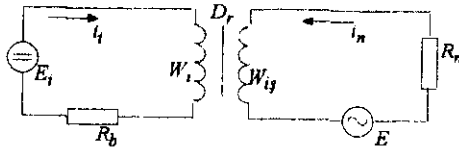
olduğundan (11) ifadəsindəki maksimal qiymətlə orta qiymət arasında aşağıdakı münasibət əmələ gələcəkdir.

$$B_{Or} = \frac{E_m}{2\omega WS} (1 - \cos\omega t) = \frac{B_m}{2} (1 - \cos\omega t) \quad (12)$$

Bu induksiyanın orta qiymətinə uyğun olan gərginlik mənbəyinin qiyməti, yəni E_{Or} – da vardır ki, bu gərginliyə doyma gərginliyi deyilir. Onun qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır.

$$E_{Or} = \frac{E_m}{2} = \frac{2\omega WS \cdot B_{Or}}{(1 - \cos\omega t) \cdot 2} = \frac{\omega WS \cdot B_{Or}}{1 - \cos\omega t} \quad (13)$$

Doyma gərginliyinin təsiri ilə drosseldə maqnitləşmə gedir ki, bu hala drosselin doymuş halı deyilir. Doymuş drosseldəki maqnit sahəsi öz – özünə induksiya hadisəsi nəticəsində müəyyən qiymətə malik olan e.h.q yaradır ki, bu da R_n yükündən axan cərəyanın kəsilməsinə səbəb olur. Bu cür vəziyyətin qarşısını almaqdan ötrü maqnit içliyinə ikinci dolaq yerləşdirilir. Hansı ki, bu dolağa idarə dolağı deyilir. İdarə dolağı olan drossellər maqnitləşdirici doymuş drossel adlanır. İdarə dolağı xüsusi sabit cərəyan mənbəyi ilə qidalanır. Bu cür drosselin sxemi aşağıda verilmişdir.



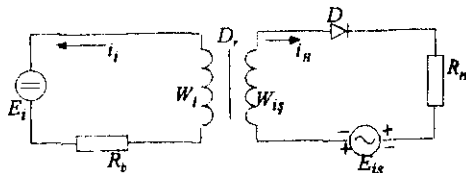
İdarə dolağından axan I_1 – cərəyanının qiyməti, işçi dolaqdan axan cərəyanın $-I_2$ – qiymətindən çox kiçikdir. Lakin idarə dolağının W_1 – sarğılar sayı işçi dolağının W_2 sarğılar sayından çox böyükdür. Odur ki, W_2 – nin yaratdığı maqnit sahəsi idarə dolağında heç bir təsir yaratmır. Əksinə W_1 – nun yaratdığı maqnit sahəsi işçi dövredə $-I_2$ – ə təsir göstərəcək dərəcədə cərəyan əmələ gətirir ki, bu da R_n – yükün cərəyanını və gərginliyini tənzimləməyə imkan verir. Odur ki, yuxarıdakı sxem üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar.

$$W_1 I_1 = W_2 I_2 \quad (13)$$

Əgər $\frac{W_1}{W_2} = n$ – transformasiya əmsalı olduğunu nəzərə alsaq onda

$\frac{I_2}{I_1} = n > 1$ cərəyanın güclənməsini xarakterizə edəcəkdir. Bu iş sxemin gücləndirmə xüsusiyyətinə malik olduğunu göstərir. Odur ki, bu cür sxemlərə maqnit gücləndirici drossel deyilir.

Elə drossellər var ki, onlar öz-özünə maqnitlənmə xüsusiyyətinə malikdirlər. Doyma drossellərindən bu drossellərin fərqi işçi dövrdə əlavə olaraq yarımkeçirici diod qoşulmasıdır. Diod işçi cərəyanın ancaq müsbət yarımperiodunu buraxdığı üçün drosseldə, idarə dövrəsində cərəyan olmadıqda belə, bir istiqamətli maqnit sahəsi yaradır. Bu maqnit sahəsi drosseli daima maqnitləndirdiyi üçün bu drosselə öz - özünə maqnitlənmə drosseli deyilir. İdarə dövrəsində maqnit sahəsinin qiymətini və istiqamətini dəyişməklə işçi dövrənin bir istiqamətli maqnit sahəsi gah bu sahə ilə toplanır, gah da çıxılır. Nəticədə isə R_n yükündə işçi cərəyanın qiyməti gah azalır, gah da artır. Yəni idarə dövrəsində kiçik cərəyan işçi dövrdə işçi cərəyanın güclənməsini təmin edir. Odur ki, bu sxemə öz - özünə maqnitlənən maqnit gücləndiricisi deyilir. Öz - özünə maqnitlənən maqnit gücləndiricilərinin müxtəlif sxemləri vardır. Ən sadəsi aşağıdakı kimidir.



Sxemin iş prinsipini yuxarıda qeyd etdik. İndi isə sxemin hesablanması ilə məşğul olaq. Əgər yük müqavimətini nəzərə almasaq işçi dövrdəki gərginlik diod və $W_{i\varphi}$ - sarğısında düşəcəkdir. Yəni

$$U_{i\varphi} = U_D - U_{W_{i\varphi}} \quad (14)$$

(14) ifadəsində

$$U_D = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} E_{i\varphi} dt = \frac{1}{2} E_{i\varphi} \quad (15)$$

Bu yarımperiod ərzində dioddakı gərginlikdir. $W_{i\varphi}$ - sarğısında gərginlik isə aşağıdakı kimi hesablanacaq.

$$U_{W_{i\varphi}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} U_{Dr} \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} W_{i\varphi} \cdot S \frac{dB}{dt} \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} W_{i\varphi} \cdot S dB \quad (16)$$

Bu inteqralın həlli B -nin iki qiyməti arasında yəni drosselin doyma halına uyğun B_d və qalıt maqnitizim halına uyğun B_i -həddində mümkündür. Odur ki, inteqral aşağıdakı kimi hesablanır.

$$U_{W_{i\varphi}} = \frac{1}{T} W_{i\varphi} S \cdot B \Big|_{B_i}^{B_d} = \frac{W_{i\varphi} S}{T} (B_d - B_i) = f \cdot W_{i\varphi} \cdot S \cdot \Delta B \quad (17)$$

(15) və (17) ifadələrini (14) - də yerinə yazsaq alarıq.

$$U_{i\dot{s}} = \frac{1}{2} E_{i\dot{s}} - fW_{i\dot{s}} \cdot S \cdot \Delta B = \frac{1}{2} (E_{i\dot{s}} - fW_{i\dot{s}} S \cdot \Delta B) \quad (18)$$

İşçi dövrədəki cərəyan

$$I_i = \frac{U_i}{R_n} = \frac{U_{i\dot{s}}}{R_{i\dot{s}}} \quad (19)$$

onda (18) ifadəsini (19) – da nəzərə alsaq alarıq.

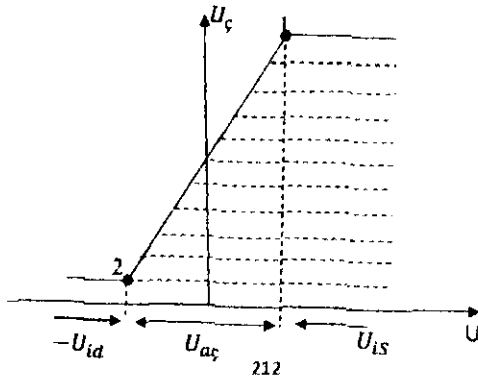
$$I_n = \frac{1}{2R_{i\dot{s}}} (E_{i\dot{s}} - fW_{i\dot{s}} S \cdot \Delta B) \quad (20)$$

Bu ifadədən belə nəticə çıxartmaq olar ki, işçi dövrədəki cərəyan droseldəki maqnit induksiyasının f – dəyişmə tezliyindən asılıdır. O isə öz növbəsində idarə dolağındakı qalıq maqnitizm rolunu oynayan B_t – induksiyasından asılıdır. Yəni nəzərə alsaq ki, $\Delta B \approx B_d - B_t$ – dir.

Qeyd etmək lazımdır ki, maqnit gücləndiricilərinin iki periodlu sxemləri də mövcuddur. Bu sxemlərin hesablanması və iş prinsipi haqqında ömür vəfa versə gələcəkdə əlavə ədəbiyyat buraxılacaqdır. İndi isə məntiqli elementlərin əsas tərkib hissəsini təşkil edən tranzistorlu sxemləri nəzərdən keçirək.

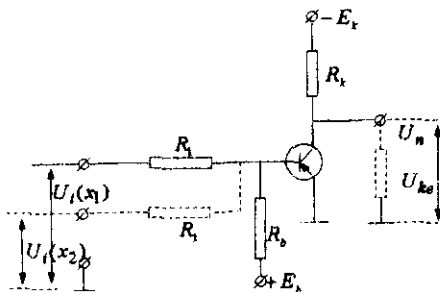
§4.8. TRANZİSTORLU – MƏNTİQİ ELEMENTLƏR

Tranzistorun işçi xarakteristikasını nəzərdən keçirdikdə görmüştük ki, baza gərginliyi artdıqca xarakteristikanın dikliyi çoxalır. Baza gərginliyinin elə ən böyük qiyməti var ki, yük xəttinin $J_k = f(U_{k.e})$ əyrisi ilə kəsişmə nöqtəsi tranzistorun doyma rejiminə keçməsinin sərhəd nöqtəsidir. Digər sərhəd nöqtəsi baza gərginliyinin aşağı qiymətlərinə uyğun gəlir ki, bu da çıxışa tətbiq olunan E_k – gərginliyinin sıfır və mənfi qiymətlərində alınır. Elə tranzistorun işini də bu iki sərhəd nöqtəsi xarakterizə edir. Bunu bir qədər nəticələndirməkdən ötrü aşağıdakı qrafikə nəzər yetirək.

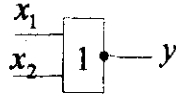


Şekildə idarə gərginliyi ilə çıxış gərginliyi arasındakı asılığın qrafiki verilmişdir. Yəni $U_{\zeta} = f(U_i)$. Burada $U_{\zeta} = U_{k.e}$ və $U_i = U_b$ kimi götürülmüşdür. Qrafikin 1 və 2 nöqtələri arasındakı hissəsi tranzistorun aktiv rejiminə aiddir. 2 nöqtəsindən sol tərəfə yəni idarə gərginliyinin böyük mənfi qiymətlərində tranzistorun doyma rejimi, 1 nöqtəsindən sağ tərəfə yəni idarə gərginliyinin böyük müsbət qiymətlərində tranzistorun sızma rejimi olur.

Baza gərginliyi və ya idarə gərginliyi müsbət qiymətdə açılır. 2 nöqtəsinə kimi açıq vəziyyətdə olur. Sonra isə 2 nöqtəsində doyma rejiminə keçdiyindən yenidən qapanır. Bu prosese diqqətlə nəzər yetirdikdə görmək olar ki, tranzistor məntiqi elementin funksiyasını yerinə yetirir. Yəni 1 nöqtəsində 0 açılır, $U_{ua} < U_{uc}$ buna görə də şərti olaraq $x = 0$ və $y = 1$ kimi yazmaq olar. 2 nöqtəsində isə 0 bağlıdır. Yəni $-U_{id} < U_{a\zeta}$ buna görə də $x = 1$ və $y = 0$ kimi yazmaq olar. Bu isə “və” funksiyasının şərtidir. Aşağıdakı sxemdə “və” funksiyasını həyata keçirmək mümkündür.

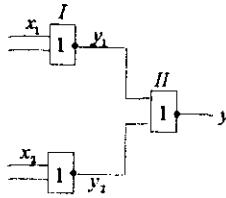


R_1 – müqavimətinə tətbiq olunan U_i – idarə gərginliyi x_1 arqumentidir. Əgər “və” – “və ya” funksiyasını yerinə yetirmək lazım olsa onda ikinci R_1 – müqaviməti (qırıq xətlərlə göstərilmişdir) qoşulur. Əgər girişdə heç bir siqnal olmazsa, yəni $U_i = 0$ olarsa, bu o deməkdir ki, $x_1 = x_2 = 0$ bu zaman çıxışda ən böyük gərginlik $-E_k$ olacaqdır. Yəni R_k –müqavimətindən cərəyan axmayacaq. Odur ki, $y = 1$ alınacaq və tranzistor qapalı olacaqdır. Belə məntiqi elementin sxematik quruluşu aşağıdakı şəkildə verilmişdir.

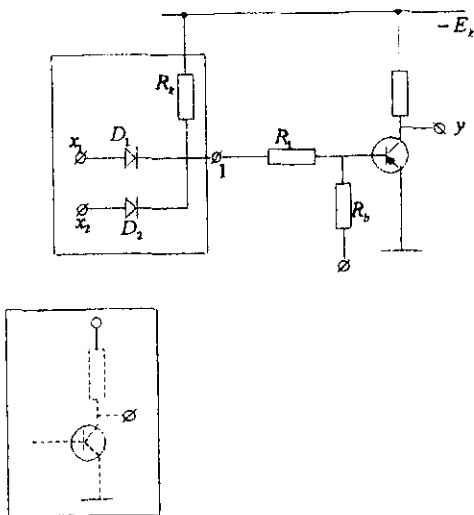


Burada $y = x_1 \cdot x_2$ olur.

İndi də bir neçə məntiqi elementin birləşmə sxemini nəzərdən keçirək. Aşağıdakı şəkildə “və” funksiyasını yerinə yetirən məntiqi elementin funksional sxemi verilmişdir.



Sxem iki əsas hissədən təşkil olunmuşdur. I hissə iki “və” elementi, II hissə isə “və ya” – yox elementidir. Çıxışda “yox” funksiyasını almaq üçün $y = 0$ olmalıdır. Bu isə II hissənin girişində tranzistorda baza gərginliyinin sızma rejimində olması deməkdir. Deməli, I hissənin çıxışında $y_1 = y = 1$ olmalıdır. Girişdə isə $x_1 = x_2 = 0$ olmalıdır. Bu isə I hissədəki tranzistorların doyma rejimində işləməsini göstərir. Qeyd etmək lazımdır ki, I hissədəki tranzistorlardan birini çıxartmaqla onun yerinə diod toplusu qoymaq olar. Bu zaman həmin tranzistorun çıxışdakı kollektor müqaviməti R_k – bütün tranzistorlar üçün ümumi müqavimət kimi götürüləcəkdir. Bunu aşağıdakı sxemdə əyani görmək olar.



Diod toplusu qırıq xətlərlə göstərilmiş tranzistorun yerinə qoşulmuşdur. Əgər II hissədəki hər hansı tranzistor açıq və ya bağlı olarsa, uyğun olaraq diod toplusu da açıq və ya bağlı olacaqdır. Bu isə sxemin “və - yox” funksiyasında işləməsini təmin edir. Yəni əgər $x_1 = 0$, $x_1 = 1$ olarsa, $y = 0$, $x_1 = x_2 = 1$ olarsa $y = 1$ olacaqdır.

Tranzistorlu məntiqi elementlərin müxtəlif cür sxemləri mövcuddur. Onların hansı funksiyaları yerinə yetirməsi və necə işləməsi haqqında çox danışmaq olar. Lakin kitabın həcmi buna imkan vermədiyi üçün bu qədər kifayət edər.

§ 4.9. MİKROSXEMLƏR HAQQINDA MƏLUMAT

Yarımqeçirici cihazların sürətli inkişafı onları daha da az yer tutmaları ilə nəticələnmişdir. Bundan başqa onlar bir çox funksiyaları yerinə yetirmək xüsusiyyətinə malik olurlar ki, bu da onlardan müxtəlif təyinatlarda istifadə olunmasına imkan yaratmışdır. Müəyyən bir funksiyanı çox kiçik həcmdə yarımqeçirici elementlərdən yığılmış kiçik sxemlərdə həyata keçirmək mümkündür. Bu cür sxemlər mikrosxemlər adlanır. Müəyyən bir funksiyanı yerinə yetirdiyi üçün mikrosxem özü elə məntiqi elementdir. Mikrosxemlərin

əsası yarımqeçirici cihazlardan, yəni diod və tranzistorlardan təşkil olunduğu üçün üç növ olurlar:

- 1) Diod – tranzistor mikroşxəmləri (*DTM*).
- 2) Tranzistor – tranzistor mikroşxəmləri (*TTM*).
- 3) Sahə tranzistorlu mikroşxəmlər.

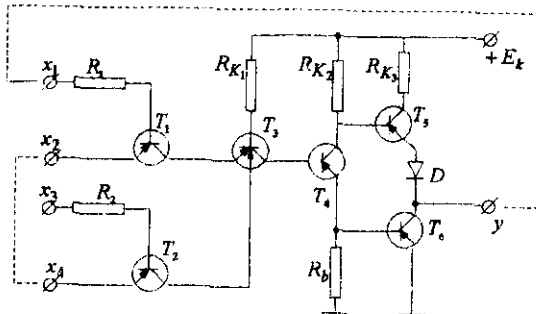
Bunlar da Metal – dielektrik – yarımqeçirici (*MDY*) və metal – pas – yarımqeçirici (*MPY*) tipli olurlar. İndi bunlar haqqında məlumat verək.

1. Əvvəla qeyd etmək lazımdır ki, mikroşxəmləri təşkil edən elementlərin bir yerə yığılması onların birinin digərinə birləşməsi yəni inteqrasiyası bu şxəmlərin adının inteqral mikroşxəmlər adlandırılmasına səbəb olmuşdur. İstifadəsindən və yerinə yetirdiyi funksiyadan asılı olaraq interqal mikroşxəmləri hazırlanma texnologiyası müxtəlif olur.

Hal - hazırda diod – tranzistor mikroşxəmlərini hazırlayarkən üç prosesli diffuziya metodundan istifadə olunur. Bu prosesin mahiyyəti mikroşxəmdə iştirak edən elementlərin p və n oblastlarının birinin digərinə diffuziya etməsindən ibarətdir. Məsələn, əgər diodla tranzistor biri-digərinə arada heç bir element olmadan birləşmişlərsə birinin *n* oblastı digərinin *n* və ya p oblastına və ya birinin p oblastı digərinin p və ya *n* oblastına diffuziya etdirilir. Müqavimət və kondensatorlar hazırlanarkən isə dielektrikləşmə və oksidləşmə (paslanma) üsulundan istifadə olunur.

Diod – tranzistor mikroşxəmi § 4.8 – də şəkildə verildiyi üçün burada yenidən təkrar etmirik.

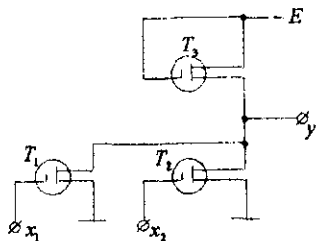
2) Tranzistor – tranzistor mikroşxəmləri adətən triqger şxəmlərinin yerinə tətbiq olunur. Məsələn aşağıdakı şxəmdə mikroşxəmin triqger kimi işləməsini müşahidə etmək olar.



T_1 və T_2 tranzistorları girişlərinə verilmiş x_1 və x_3 – siqnalının tipindən asılı olaraq ya bağlı, ya da açıqdırlar.

Yəni x_1 və ya x_3 ya 1 ya da 0 signalı alırsa T_1 və T_2 tranzistorların çıxışlarındakı signalar T_3 tranzistorunun emitterində birləşir. Əgər x_2 və x_4 çıxışlarını qısa qapasaq və x_1 çıxışı ilə y çıxışını qısa qapasaq, sxem triqer olacaqdır. Triqerin iş prinsipi isə aşağıdakı kimidir. Tutaq ki, x_1 – girişinə 1 signalı verilmişdir. Bu zaman T_1 açılır və T_3 də açılır. Nəticədə T_5 və T_6 tranzistorları qapanaraq $y_1 = 1$ alınır. İndi isə tutaq ki, x_2 –yə 1 signalı verilmişdir. T_1 və T_2 qapanır və T_3 – də qapanır. Bununla da T_5 və T_6 tranzistorları açılır. Çıxışda $y = 0$ alınır.

3. Aşağıdakı şəkildə sahə tranzistorlu mikrosxemlərin ikinci sxemi verilmişdir.



Sxemdən görüldüyü kimi mikrosxem iki giriş və bir çıxış sahə tranzistorundan ibarətdir. Sxem “və ya – yox” məntiqi funksiyasını yerinə yetirir. x_1 və x_2 girişinə verilən signalar mənfəi olmazsa bu zaman T_3 tranzistoru işləyərək y çıxışında 1 signalı əmələ gətirir.

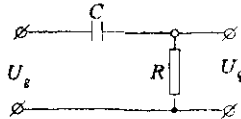
İnteqral mikrosxemlər müxtəlif təyinatlı olurlar. Müxtəlif əməliyyatları EHM – də həyata keçirməkdən ötrü xüsusi əməliyyat gücləndiriciləri mikrosxem əsasında yaradılır. Ümumiyyətlə əməliyyat gücləndiriciləri sabit cərəyan gücləndiriciləri şəklində yaradılır.

Qeyd etmək lazımdır ki, hər hansı riyazi əməliyyatı elektron sxemlərində həyata keçirməkdən ötrü ən sadə sxemlər olan aktiv, tutum və induktiv müqavimətli sxemlərdən istifadə oluna bilər. Ancaq riyazi əməliyyatların dəqiqliyi burada tam ödənilmişdir. Odur ki, mürəkkəb sxemlər əsasında qurulmuş elektron əməliyyat gücləndiriciləri yaradılmışdır. Lakin biz xüsusi olaraq sadə sxemlərdən yığılmış diferensiallayıcı və inteqrallayıcı əməliyyat sxemlərinin araşdırılmasını veririk.

§4.10. DİFERENSİALLAŞDIRICI VƏ İNTEQRALLAŞDIRICI SXEMLƏR

Qeyd etdik ki, sadə sxemlər istənilən riyazi əməliyyatı yerinə yetirmək xüsusiyyətinə malik olurlar. Aktiv və tutum müqavimətli sxemlər adətən diferensiallayıcı və inteqrallayıcı olurlar ki, bunların araşdırılması ilə məşğul olaq.

1. Diferensiallayıcı sxem aşağıdakı kimidir:



Burada giriş gərginliyi

$$U_g = U_R + U_C \quad (1)$$

hansı ki,

$$U_R = iR \quad U_C = \frac{1}{c} \int_0^t i dt \quad (2)$$

onda

$$U_g = iR + \frac{1}{c} \int_0^t i dt \quad (3)$$

Bu ifadədə U_g – aktiv müqavimətindəki gərginliyi R – müqavimətini böyük götürməklə sıfıra bərabər etsək onda

$$U_g = \frac{1}{c} \int_0^t i dt \quad (4)$$

və ya

$$i = c \frac{dU_g}{dt} \quad (5)$$

Şəklə əsasən çıxış gərginliyi

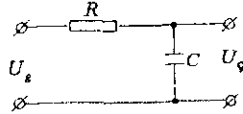
$$U_c = iR \quad (6)$$

cərəyanın qiymətini burada yerinə yazsaq alarıq.

$$U_c = cR \frac{dU_g}{dt} \quad)$$

(7) ifadəsindən görünür ki, çıxış gərginliyinin alınması giriş gərginliyinin diferensialına bərabər olur. $R \cdot C = T$ – zaman sabitidir ki, sxemdəki elementlərin qiymətlərinə görə sabit kəmiyyətdir.

2. İnteqrallayıcı sxem diferensiallayıcı sxemin əksidir ki, aşağıdakı şəkildə verilmişdir.



Sxemə əsasən yenə də yazmaq olar ki,

$$U_g = iR + \frac{1}{c} \int_0^t idt \quad (8)$$

çıxış gərginliyi

$$U_c = \frac{1}{c} \int_0^t idt \quad (9)$$

Buradan

$$i = c \frac{dU_c}{dt} \quad (10)$$

Qeyd edək ki, kondensatorda düşən gərginlik çox kiçik olduğu üçün onu nəzərə almasaq (8) ifadəsində

$$U_g = iR \quad (11)$$

(10) ifadəsini (11) – də yerinə yazsaq alarıq.

$$U_g = RC \cdot \frac{dU_c}{dt}$$

Buradan

$$U_c = \frac{1}{RC} \int_0^t \frac{dU_g}{dt} \quad (12)$$

(12) ifadəsindən görünür ki, çıxış gərginliyi giriş gərginliyinin inteqralına bərabərdir.

Diferensiallayıcı və inteqrallayıcı sxemlərin gücləndirici sxemlərlə əlaqəsi bu sxemlərin gücləndirici üçün əks rəbitə rolunda iştirakını yaradır. Odur ki, bu cür sxemlərdə əks rəbitə əmsalı həm də ötürmə əmsalı kimi fəaliyyət göstərir. Bu əmsalın işarəsi mənfi olur. Bu da giriş signalının işarə dəyişməsini (invertirovkası) yaradır. Məntiqi elementlərdə bu xüsusiyyət əsas rol oynayır.

Müxtəlif funksiyaları yerinə yetirən məntiqi elementlər haqqında çox danışmaq olar. Bu sahənin perspektivi çox böyük olduğu üçün onun inkişafı və kibernetika sahəsində rolu haqqında qismət olsa gələcəkdə xüsusi ədəbiyyat buraxmaq fikrindəyik. Odur ki, bununla burada kifayətlənirik.

ƏLAVƏLƏR

§ 1. TRANZİSTORLU ALÇAQ TEZLİKLİ GÜCLƏNDİRİCİNİN HESABLANMASI

İlkin verilənlər:

Tezlik diapazonu $F_a \div F_j = 100 \div 2000 \text{ hc}$

Tezliyin təhrif əmsalı $M = 1,2 + 1,6$

Yükə verilən güc $P_r = 1 \text{ Vt}$

Harmonik əmsal $K_T \leq 3$

Yük müqaviməti $R_H = 30 \text{ m}$

Mühitin temperaturu $10^0 + 50^0 \text{ C}$

Giriş siqnalı $U_k = 50 \cdot 10^{-6} \text{ B}$.

Siqnal mənbələrinin daxili müqaviməti $r_c = 200 \text{ om}$.

Hesablama:

1) Alçaq tezlik gücləndiricisinin çıxış gücü

$$P_r = \frac{U_r^2}{R_H}$$

Buradan çıxış gərginliyi

$$U_r = \sqrt{P_r \cdot R_H} = \sqrt{1 \cdot 30} = 5,5 \text{ B}$$

2) Gücləndirmə əmsalı gərginliyə görə

$$K_v = \frac{U_r}{U_k} = \frac{5,5 \text{ B}}{50 \cdot 10^{-6} \text{ B}} = 11 \cdot 10^4$$

3) Bu gücləndirmə əmsalını almaqdan ötrü bir kaskad kifayət etməz. Odur iki və ya daha çox kaskad lazımdır. Əgər kaskadların sayı üç olarsa onda ümumi gücləndirmə əmsalı

$$K_v = K_{v1} \cdot K_{v1} \cdot K_{v1} = 11 \cdot 10^4$$

onda

$$K_{v1} = K_{v2} = K_{v3}$$

olarsa

$$K_v^3 = 11 \cdot 10^4$$

və ya

$$K_v = \sqrt[3]{11 \cdot 10^4} \approx 48$$

4) Verilən güc və tezliyə əsasən tranzistorun tipi n 210 seçilir. Bu tip tranzistorun çıxış $J_k = f(U_{kc})$ və giriş $J_\sigma = f(U_{\sigma c})$ xarakteristikaları çəkilir.

5) Çıxış xarakteristikasında A – nöqtəsinin U_{kc} oxundakı absisi hesablanır. Yəni

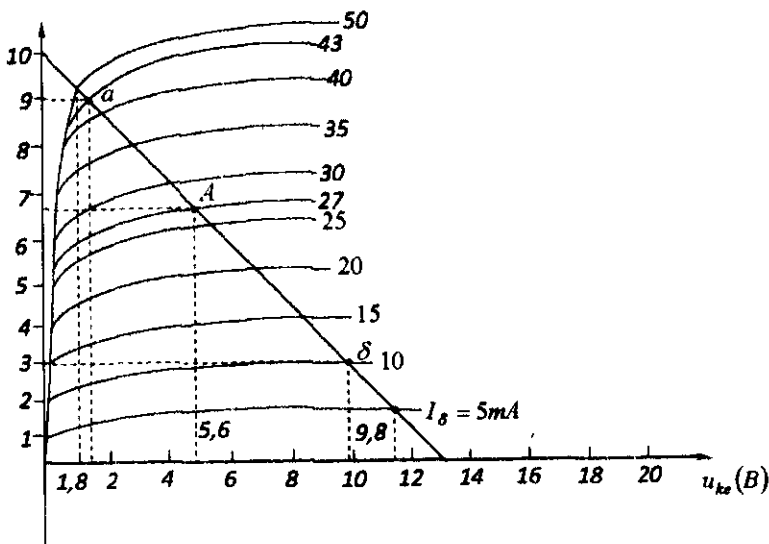
$$E_{kA} = \frac{U_{max} + U_{min}}{2}$$

Burada $U_{kmax} = 9,8 B$ və $U_{kmin} = 1,8 B$ tranzistorun sorğu kitablarından götürülən qiymətlərdir. Onda

$$E_{kA} = \frac{9,8 + 1,8}{2} = 5,8 B$$

6) A – nöqtəsinin ordinantını tapmaq üçün sorğu kitabından $I_{kmax} = 9A$ və $I_{kmin} = 3A$ götürürük. Bundan sonra a və b nöqtələrinin yük xətti üzərindəki yerlərini tapmaq lazımdır. a nöqtəsinin yeri $E_{ka} = U_{kmin} = 1,8 B$; $J_{kmax} = 9A$ və b nöqtəsinin yeri isə $E_{kb} = U_{kmax} = 9,8 B$; $J_{kmin} = 3A$ – dir.

7) a və b nöqtələrindən keçən yük xəttini çəkirik.



Yük xəttinin A – nöqtəsinin absisindən qaldırılmış qırıq xətlə kəsişdiyi nöqtə A – nöqtəsinin yeridir. A – nöqtəsinin ordinantı isə həmin nöqtədən ordinant

oxuna çökilən qırıq xəttin J_k – oxundakı kəsişmə nöqtəsidir. Bu $J_k = 6,2 A$ – dir.

8) Kaskadın maksimal gücü hesablanır.

$$P_{max} = \frac{(U_{kmax} - U_{kmin})(J_{kmax} - J_{kmin})}{8} = \frac{(9,8 - 1,8)(9 - 3)}{8} = \frac{8 \cdot 6}{6} = 6 \cdot Vt$$

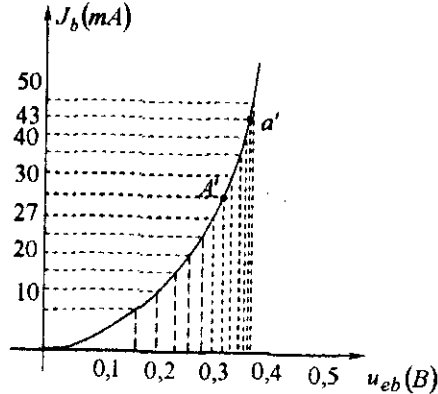
9) Kollektor müqaviməti hesablanır.

$$R_k = \frac{U_{kmax} - U_{kmin}}{J_{kmax} - J_{kmin}} = \frac{9,8 - 1,8}{9 - 3} = \frac{8}{6} = 1,3 \cdot om$$

10) Orta gücün tapılması

$$P_{or} = E_{kA} \cdot J_k = 5,8 \cdot 6,2 = 36 \cdot Vt$$

11) Tranzistorun giriş xarakteristikasını qururuq. Bu baza – emitter gərginliyi arasındakı münasibətdir. $J_b = f(U_{be})$ xarakteristikasının üzərindən a', A', b' nöqtələrini tapmaq lazımdır. Bunun üçün $J_k = f(U_{kc})$ qrafikindən a, A və b – nöqtələrinin əyrilərlə kəsildiyi J_b qiymətləri götürülür. a – nöqtəsinə uyğun $J_b = 27mA$, b – nöqtəsinə uyğun $J_b = 10mA$ – dir. Sorğu kitabından $U_{bemax} = 0,33B$ və $U_{bemtn} = 0,23B$ tapırıq. Deməli a' – nöqtəsinin koordinantları $J_b = 43mA$ $U_{bcmtn} = 0,23B$, b' – nöqtəsinin koordinantları $J_b = 10mA$ $U_{bcmtn} = 0,23B$ olacaqdır.



Qrafikə əsasən A' – nöqtəsinin absisi $U_{be}^A = 0,29B$ olacaqdır.

12) Yuxarıda aldığımız qiymətlərə əsasən kaskadın çıxış gücünü və giriş müqavimətini hesablayırıq.

$$P_r = \frac{(U_{bemax} - U_{bemın})(J_{bmax} - J_{bmin})}{8}$$

$$= \frac{(0,33 - 0,23)(43 - 10)}{8} = \frac{3,3}{8} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{Vt}$$

$$R_k = \frac{U_{bemax} - U_{bemın}}{J_{bmax} - J_{bmin}} = \frac{0,33 - 0,23}{43 - 10} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{33} = 3 \cdot \text{om}$$

13) Girişdəki R_e - müqavimətini hesablayırıq.

$$R_e = (2 + 5)R_k = 3 \cdot 3 \text{om} = 9 \text{om}$$

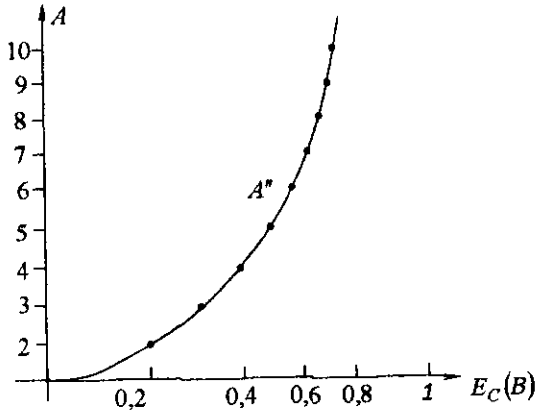
14) Keçid xarakteristikasının qurulması. Bu $J_k = f(E_c)$ - dir. Bunun üçün aşağıdakı cədvəli qururuq.

$I_k A$	2	3	4	4,9	5,8	6,8	8	8,5	9,5
E_c	0,195	0,32	0,39	0,46	0,5	0,57	0,6	0,68	0,75
$I_b (MA)$	5	10	15	20	25	30	35	40	45
U_{be}	0,15	0,23	0,25	0,28	0,29	0,3	0,31	0,32	0,34

Cədvəldə J_k - lar $J_k = f(U_{ke})$ qrafikindən yük xəttinin J_b - əyriləri ilə kəsişdiyi nöqtələrin ordinantlarıdır. E_c - uc aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$E_c = J_b \cdot R_e + U_{be}$$

Düsturdakı U_{be} - lər $J_b = f(U_{be})$ qrafikindən J_b - lərə uyğun olan absislərdir. Cədvəldə olan qiymətlərə əsasən aşağıda keçid xarakteristikasını qururuq.



15) Keçid xarakteristikasından maksimal və minimal qiymətləri seçirik.
 $E_{cmin} = 0,2B$, $E_{cmax} = 0,8B$ buna uyğun cərəyanlar $J_{kmin} = 2A$ $J_{kmax} = 9,5A$ onda orta qiymət

$$E_{cor} = \frac{0,2 + 0,8}{2} = 0,5B$$

Buna uyğun olan cərəyanın orta qiyməti

$$J_{kor} = \frac{2 + 9,5}{2} = 5,75$$

Bu A'' – nöqtəsinin koordinantlarıdır.

16) Harmonik əmsalın dəqiqləşdirilməsi. Bu əmsal aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$K_T = \sqrt{\frac{J_2^2 + J_3^2 + J_4^2}{J_1}} \cdot 100\%$$

J_1, J_2, J_3, J_4 – kollektor cərəyanlarının hesablanmış qiymətləridir. Onlar aşağıdakı qayda ilə hesablanır.

$$J_1 = \frac{(i_5 - i_1) + (i_4 - i_2)}{3} = \frac{(5,8 - 2) + (4,9 - 3)}{3} = 1,9A$$

$$J_2 = \frac{0,5(i_5 + i_1) - i_3}{2} = \frac{0,5(5,8 + 2)}{2} \approx -0,05$$

$$J_3 = \frac{(i_5 - i_1) - 2(i_4 - i_2)}{6} = \frac{(5,8 - 2) - 2(4,9 - 3)}{6} = 0$$

$$J_4 = \frac{(i_5 + i_1) - 4(i_4 + i_2) + 6i_3}{12} = \frac{(5,8 + 2) - 4(4,9 + 3) + 6 \cdot 4}{12} \approx 0,02$$

Onda

$$K_T = \sqrt{\frac{(0,05)^2 + (0,02)^2}{1,9}} = \sqrt{0,0015} = 0,03 \cdot 100\% = 3$$

17) Nominal güc hesablanır.

$$P_h = \frac{1}{2} J_1^2 R_k \cdot \eta$$

Burada $J_1 = 1,9A$, $R_k = 1,3\Omega$, $\eta = 0,7 + 0,85$ – dir. Onda

$$P_h = \frac{1}{2} 1,9^2 \cdot 1,3 \cdot 0,8 = 3,75Vt$$

18) Şəbəkə gücü hesablanır.

$$P_m = \frac{E_m \cdot J_{bor}}{2}$$

Burada $E_m = E_{sor} = 0,5B$, $J_{bor} = J_{bmax} - J_{bmin}$ onda

$$P_m = \frac{0,5 \cdot (45 - 5)}{2} = 10Vt$$

19) Güclənmə əmsalının loqarifmik hesablanması.

$$K_p = 10 \lg \frac{P_h}{P_m} = 10 \lg \frac{3,75}{10} = 10 \cdot \lg 0,375 = 10(-1,46) = -14,26$$

20) Transformasiya əmsalı.

$$\eta = \sqrt{\frac{R_H}{R_k \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{30}{3 \cdot 0,8}} = \sqrt{12,5} = 3,5$$

21) Çıxış transformatorun sarğılarının müqaviməti.

$$r_{T_1} = \frac{R_k}{2 \cdot \eta} (1 - \eta) = \frac{1,3 \cdot (1 - 0,8)}{2 \cdot 0,8} = 0,26 \text{ o}$$

$$r_{T_2} = \frac{R_H}{2 \cdot \eta} (1 - \eta) = \frac{10 \cdot (1 - 0,8)}{2 \cdot 0,8} = 3,75 \text{ om}$$

22) Birinci sarğının induktivliyi.

$$L_{T_1} = \frac{R_H + r_2}{2\pi \cdot F_a \cdot n^2 \sqrt{M_a^2 - 1}} = \frac{30 + 3,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 3,5 \sqrt{1,2^2 - 1}} = \frac{33,8}{33,8} = \frac{33,8}{628 \cdot 3,5 \sqrt{0,44}} = \frac{33,8}{2194 \cdot 0,66} = \frac{33,8}{1450,7} = 0,023 \text{ hn}$$

23) Tezliyin təhrif əmsalının hesablanması.

$$M = \sqrt{1 + \left(\frac{F_j}{F_a}\right)^2}$$

Burada $F_j = 200 \text{ he}$ – tezliyin yxarı həddi, 0 hc – lə $100 \cdot 10^3 \text{ he}$ olcaqdır. Onda

$$M = \sqrt{1 + \left(\frac{200}{100 \cdot 10^3}\right)^2} = \sqrt{1 + 0,02} \approx 1.$$

24) İnduktivliyin buraxıla bilən həddi.

$$L_{bb} = \frac{(R_r + R_k)}{2\pi F_j} \sqrt{M_j^2 - 1}.$$

Burada

$$R_r = \frac{\Delta U_{rk}}{\Delta J_k} = \frac{U_{kmax} - U_{kmin}}{J_{kmax} - J_{kmin}}.$$

Burada

$$J_k = f(U_{ke})$$

qrafikindən seçirik.

$$\begin{aligned} U_{kmax} &= 11B & J_{kmax} &= 9,5A \\ U_{kmin} &= 1B & J_{kmin} &= 2A \end{aligned}$$

onda

$$R_r = \frac{11 - 1}{9,5 - 2} = \frac{10}{7,5} = 1,3 \text{ om}$$

onda

$$L_{bb} = \frac{1,3 + 1,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 2000} \sqrt{1,6^2 - 1} = \frac{2,6}{12560} \sqrt{1,56} = \frac{3,25}{12560} = 0,0026 \text{ hn}$$

25) Transformatorun I tərəfindən gərginlik.

$$U_{T_1} = J_{or} \cdot r_{T_1}$$

Burada

$$J_{or} = \frac{(i_5 + i_1) + 2(i_4 + i_2)}{6} = \frac{(5,8 + 2) + 2(4,9 + 3)}{6} = \frac{23,6}{6} = 3,9A.$$

Onda

$$U_{T_1} = 3,9 \cdot 0,26 = 1B.$$

26) Termostabilizasiyanın əsas elementləri hesablanır.

$$R_2 = (5 + 10)R_k = 8 \cdot 3 = 24 \text{ om}$$

R_2 – müqavimətindəki gərginlik düşgüsü

$$U_{R_2} = J_{R_2} \cdot R_2$$

Burada

$$\begin{aligned} J_{R_2} &= J_{bor} \cdot (5 + 10) = (J_{bmax} - J_{bmin}) \cdot 8 = \\ &= (45 - 5) \cdot 8 = 320 \cdot 10^{-3} A \end{aligned}$$

onda

$$U_{R_2} = 320 \cdot 10^{-3} \cdot 24 = 7860 \cdot 10^{-3} = 7,7B.$$

27) R_1 – müqavimətindəki gərginlik düşgüsü.

$$U_{R_1} = U_{R_1} + U_d - U_{be}$$

Burada $U_{be} = 0,3$, J_{bor} - nın $J_b = f(U_{be})$ grafikindəki qiymətinə uyğun seçilmişdir. Onda

$$U_{R_1} = 7,7 + 0,75 - 0,3 = 8,15B$$

28) R_1 - müqavimətini hesablayırıq.

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{J_k + J_b} = \frac{8,15}{6,2 + 40 \cdot 10^{-3}} = \frac{8,15}{6,24} = 1,3 \text{ om}$$

29) C_2 - kondensatorunun tutumu hesablanır.

$$C_2 \geq \frac{100 + 200}{R_1 \cdot 2\pi F_a} = \frac{150}{1,3 \cdot 6,28 \cdot 100} = \frac{150}{816} = 0,18$$

30) Qida mənbəyinin e.h.q. - si

$$E_2 = E_k + U_{T_1} + U_{R_1} = 5,8 + 1 + 8,15 = 14,9 \approx 15B$$

31) R_3 - müqavimətinin hesablanması.

$$R_3 = \frac{E_2 - (U_{R_1} - U_D)}{J_{R_2}} = \frac{15 - (7,7 - 0,75)}{320 \cdot 10^{-3}} = \frac{8}{320 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ om}$$

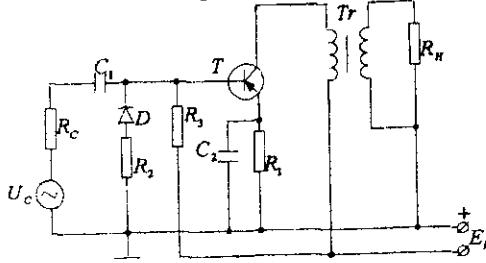
32) Qida mənbəyindən kaskad üçün tələb olunan güc.

$$P_T = E_2(J_{or} + J_2) = 15(3,9 + 320 \cdot 10^{-3}) = 65 \text{ Vt}$$

33) Faydalı iş əmsalı.

$$\eta = \frac{P_H}{P_T} \cdot 100\% = \frac{3,75}{65} \cdot 100 = 5,76\%$$

34) Çıxış kaskadının sxemi aşağıdakı kimi qurulur:



§2. SİMMETRİK TRIQGERİN HESABLANMASI

İlkin verilənlər:

Çıxış impulslarının amplitudası. $U_r \geq 13B$.

Çevirici tezlik $f = 350k\text{hc}$.

Əhatəedici mühitin temperaturu $t = +40^{\circ}C$

Hesablama:

1) Kollektoru qidalandıran gərginliyin hesablanması

$$E_k = 1,1U_r + U_e$$

Burada $U_e = 2 \div 3B$ götürülür. Onda

$$E_k = 1,1 \cdot 13 + 2 = 16,1B$$

$$E_k = 20B$$

seçirik.

2) *MP 21* tipli tranzistoru seçirik. O aşağıdakı parametrlərə malikdir.

$$U_{k\text{ə}max} = 30B, J_{kbmax} = 0,12mA$$

$$h_{n_e} = 20, f_{n_{H_e}} = 1mhc$$

3) Açıq tranzistorun cərəyan buraxıla bilən həddən az olduğu üçün kollektor cərəyanının axdığı müqaviməti $R_e = 2k\Omega$ seçirik.

4) C – kondensatorların tutumu adətən $C = 200 \div 500$ nF civarında seçilir.

5) R_b – müqavimətinin hesablanması.

$$R_b \leq \frac{1}{(2 + 3)C \cdot f_{max}} = \frac{1}{2 \cdot 200 \cdot 10^{-12} \cdot 350 \cdot 10^3} = 4,2 km$$

6) R_e – müqavimətinin hesablanması.

$$R_e \leq \frac{R_b \cdot R_k \cdot J_{kbmax}}{E_k - R_b J_{kbmax}} = \frac{4,7 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3}}{20 - 4,7 \cdot 10^3 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3}} = 62 \Omega$$

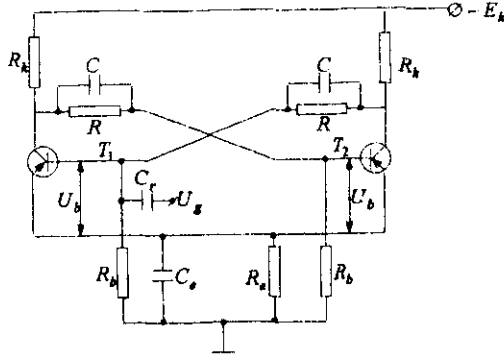
7) R – müqavimətinin hesablanması.

$$R \leq \frac{h_{21e} \cdot R_b \cdot R_k [E_k - (R_e + R_k) J_{kbmax}]}{E_k (R_b + R_e \cdot h_{21e})} =$$
$$= \frac{20 \cdot 4,7 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3 (20 - 100 + 2 \cdot 10^3) \cdot 0,12 \cdot 10^{-3}}{20(4,7 \cdot 10^3 + 20 \cdot 100)} = 28,2 \Omega$$

$R = 24 \Omega$ seçirik.

8) Mənfi əks rabitəni aradan götürməkdən ötrü C – kondensatorunu yenidən seçirik. Adətən $C = 1000 \div 5000$ nF civarında olur. Biz $C = 1000$ nF seçirik.

9) Hesablanmış qiymətlərə əsasən triqgerin sxemi aşağıdakı kimi seçilir:



§3. ELEKTROMAQNİT RELENİN HESABLANMASI

İlkin verilənlər:

Dəyişən cərəyan elektromaqnit sargısının gərginliyi $U_k = 220B$.

Kontaktlardan axan cərəyanın qiyməti $I_k = 5A$.

İki cüt normal açıq kontakt.

Əhatəedici mühitin temperaturu $-50^{\circ} + +50^{\circ}C$.

Relenin açılıb bağlanma sayı. Sutka ərzində 150 dəfə.

Hesablama:

1) Cərəyan keçirən konturun hesablanması.

$$a \cdot b(a + b) = \frac{\rho_0(1 + \alpha T) \cdot J_k^2}{2 \cdot K_n \cdot (T - T_0)}$$

Burada $\rho_0 = 1,75 \cdot 10^{-6} \text{ om} \cdot \text{sm}$ – cərəyan keçirən kontur misdən olduğu üçün onun xüsusi müqavimətidir.

$\alpha = 0,004 \text{ } 1/dəər$ – istidən genişlənmə əmsalıdır mis üçün.

k_n – istilik keçirmə əmsalı $k_n = 8 \cdot 10^{-4} \frac{vt}{\text{sm}^2 \text{dəər}}$, $T_0 = 40^{\circ}C$ – əhatəedici mühitin temperaturu, $T = 105^{\circ}C$ – cərəyan keçirən konturnun maksimum qızma temperaturudur.

$J_H = 5A$ – konturdan axan cərəyanın qiyməti.

$$a \cdot b(a + b) = \frac{1,75 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,004 \cdot 105) \cdot 5^{-2}}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-4} (105 - 40)} =$$

$$= \frac{2,5 \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{1040} = 0,06 \cdot 10^{-2} \text{ sm}^3$$

$a = \frac{1}{3} b$ qəbul etsək onda

$$\frac{b^2}{3} \cdot \left(\frac{4}{3} b\right) = \frac{4}{9} b^3$$

və ya $b^3 = 2,25 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ sm}^3$ və ya $b = \sqrt{1,35} \cdot 10^{-1} \text{ sm}$ onda $b = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ sm}$.

$$a = \frac{1}{3} b = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{3} = 0,37 \cdot 10^{-3} \text{ sm}$$

$$b = 0,1 \text{ sm} \quad a = 0,04 \text{ sm}$$

qəbul edək.

2) Buraxıla bilən temperaturu hesablayaq.

$$T = T_0 + \frac{\rho_0(1 + \alpha T) \cdot J_k}{K_n \cdot l_p \cdot S_k}$$

burada $l_p = 2(a + b)$ – cərəyan keçirən konturun perimetri $S = a \cdot b$ – konturun en kəşik sahəsi onda

$$T = 40 + \frac{1,75 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 0,004 \cdot 105) \cdot 5^{-2}}{8 \cdot 10^{-4} \cdot 2(0,1 + 0,04) \cdot 0,1 \cdot 0,04} =$$

$$= \frac{62,1 \cdot 10^{-2}}{0,09} + 40 = 40 + 6,9 = 50^{\circ} \text{C}$$

3) Cərəyanın sıxlığı

$$j = \frac{J}{S} = \frac{S}{0,6} = \frac{S}{0,04 \cdot 0,1} = \frac{5}{0,004} = 1750 \frac{\text{A}}{\text{sm}^2}$$

4) Termiki dözümlülüyn hesablanması.

$$J_T^2 t_T = \frac{\gamma \cdot c \cdot S^2}{S \cdot \alpha} \cdot \ln \left(\frac{1 + \alpha \cdot T_n}{1 + \alpha T} \right)$$

Burada $\gamma = 8,9$, $c = 0,39$ iş üçün sabit kəmiyyət olub termiki dözümlülük əmsallarıdır. T_n – qısa qapanma zamanı əmələ gələn temperaturun maksimal qiymətidir. $T = 300^{\circ} \text{C}$. Bunları yuxarıda yerinə yazsaq alarıq.

$$J_T^2 t_T = \frac{8,9 \cdot 0,39 \cdot 0,004^2}{1,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,004} = \ln \left(\frac{1 + 0,004 \cdot 300}{1 + 0,004 \cdot 105} \right) = \frac{55,5}{0,007} - \ln \frac{2,2}{1,4} =$$

$$= 7928,6 \ln 16 = 7928,6 (\ln 16 - \ln 10) = 7928,6 (2,8 - 2,3)$$

$$= 3964 \text{ A}^2 \text{ san}$$

t_T – yə qiymətlər verməklə termiki dözümlülük cərəyanını hesablayırıq.

$$t_T = 0,5 \quad J_T = \sqrt{\frac{3964}{0,5}} = 89,5A,$$

$$t_T = 1 \quad J_T = \sqrt{\frac{3964}{1}} = 62,9A,$$

$$t_T = 5 \quad J_T = \sqrt{\frac{3964}{5}} = 28,2A,$$

$$t_T = 10 \quad J_T = \sqrt{\frac{3964}{10}} = 19,9A.$$

5) Kontakt keçid müqavimətinin hesablanması.

$$T_k - T_\sigma = \frac{\rho_0(1 + \alpha T) \cdot J_k^2}{S \cdot l_p \cdot K_n} + \frac{R_k \cdot J_k^2}{2\sqrt{\pi} \cdot S l_p K_n} + \frac{R_k J_k^2}{8\lambda \rho_0}$$

Burada $\lambda = 3,9$ sabit ədəddir. Gümüş üçün sorğu kitablarından seçilir.

$$l_p = 2(0,1 + 0,04) = 0,28 \text{ sm}, S = a \cdot b = 0,004 \text{ sm}^2$$

$$k_n = 8 \cdot 10^{-4} \frac{vt}{\text{sm} \cdot d\sigma}, \alpha = 0,004 \frac{1}{d\sigma}$$

$$\rho_0 = 1,75 \cdot 10^{-6} \text{ om} \cdot \text{sm}, T_k = 120^\circ \text{C}, T_\sigma = 40^\circ \text{C}$$

onda

$$\begin{aligned} 120 - 40 &= \frac{1,75 \cdot 10^{-6}(1 + 0,004 \cdot 105)5^2}{0,004 \cdot 0,28 \cdot 8 \cdot 10^{-4}} + \\ &+ \frac{R_k \cdot 5^2}{2\sqrt{3,9 \cdot 0,004 \cdot 0,28 \cdot 8 \cdot 10^{-4}}} + \\ &+ \frac{R_k^2 \cdot 5^2}{8 \cdot 3,9 \cdot 1,75 \cdot 10^{-6}} = \frac{62 \cdot 10^{-6}}{0,9 \cdot 10^{-6}} + \frac{25 \cdot R_k}{0,37 \cdot 10^{-2}} + \\ &+ \frac{R_k^2 \cdot 2S}{54,6 \cdot 10^{-6}} = 6,89 + R_k \cdot 67,6 \cdot 10^2 + R_k^2 \cdot 0,46 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

Aşağıdakı kvadrat tənliyin həlli kontakt keçid müqavimətinin qiyməti olacaqdır.

$$R_k^2 \cdot 0,46 \cdot 10^6 + R_k \cdot 67,6 \cdot 10^2 - 11 \approx 0$$

Buradan

$$R_k = \frac{-67,6 \cdot 10^2 + \sqrt{67,6^2 \cdot 10^4 + 4 \cdot 0,46 \cdot 10^6 \cdot 11}}{2 \cdot 0,46 \cdot 10^6} =$$

$$= \frac{-67,6 \cdot 10^2 + \sqrt{6593,8 \cdot 10^2}}{0,92 \cdot 10^6} =$$

$$= \frac{-67,6 \cdot 10^2 + 81,2 \cdot 10^2}{0,99 \cdot 10^6} = \frac{13,6 \cdot 10^2}{0,99 \cdot 10^6} = 14,8 \cdot 10^{-4} \text{ om.}$$

6) Kontaktlar arasında əmələ gələn təzyi qüvvəsinin hesablanması.

$$F_k = \frac{k \cdot (1 + 0,6\alpha \cdot T_k)}{0,102 \cdot R_k}$$

Burada gümüş üçün $k = 0,00006$ onda

$$F_k = \frac{0,00006 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,004 \cdot 120)}{0,102 \cdot 14,8 \cdot 10^{-4}} = \frac{0,000077}{1,5 \cdot 10^{-4}} = \frac{0,77}{1,5} = 0,5H$$

kontakt zərbə qüvvəsi

$$F_3 = \frac{F_k}{J_k} = \frac{0,5}{5} = 0,1 \text{ H/a}$$

kontakt zərbə qüvvəsini qramla ifadə edək.

$$\frac{1000q - 9,8 H}{x q - 0,1 H}$$

onda

$$x \approx \frac{1000 \cdot 0,1}{9,8} = 1000 \cdot 0,1 = 10 q.$$

7) Kontakt keçid müqavimətinin dəqiqləşdirilməsi. Kontakt təzyi qüvvəsi on dəfə artıq götürülməklə hesablanır.

$$R_k = \frac{k \cdot (1 + 0,6\alpha \cdot T_k)}{(0,102 \cdot F_k)^m}$$

Burada gümüş üçün $m = 1$ onda

$$R_k = \frac{0,00006 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,004 \cdot 120)}{0,102 \cdot 5} = \frac{0,000077}{0,5} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ om}$$

8) Kontakt nöqtəsinin temperaturu.

$$T_k = T_0 + \frac{\rho_0(1 + \alpha \cdot T) \cdot J_k^2}{k_n \cdot l_p \cdot S} + \frac{R_k \cdot J_k^2}{2\sqrt{\lambda} \cdot Sl_p k_n} + \frac{R_k^2 J_k^2}{8\lambda \cdot \rho_0} =$$

$$= 40 + \frac{1,75 \cdot 10^{-6}(1 + 0,004 \cdot 80)5^2}{8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,004 \cdot 0,28} + \frac{1,26 \cdot 10^{-4} \cdot 5^2}{22\sqrt{3,9 \cdot 0,004 \cdot 0,28} \cdot 8 \cdot 10^{-4}} +$$

$$+ \frac{1,26^2 \cdot 10^{-8} \cdot 5^2}{8 \cdot 3,9 \cdot 1,75 \cdot 10^{-6}} = 40 + \frac{57,75 \cdot 10^{-6}}{0,00896 \cdot 10^{-4}} + \frac{31,5 \cdot 10^{-4}}{54,6} =$$

$$= 40 + 64,4 + 82,9 \cdot 10^{-4} + 0,73 \cdot 10^{-8} = 104,4 \approx 105$$

9) Elektrodinamiki dözümlülüynün hesablanması. Kontaktların biri – birinə sıxılması üçün elektrodinamiki qüvvələr dəf olunmalıdır. Bu qüvvə aşağıdakı kimi hesablanır.

$$F_{e.d.q} = 2 \cdot 10^{-7} J_{kr}^2 \cdot \ln \frac{S}{S_k}$$

Burada

$$J_{kr} = 10 J_k = 10 \cdot 5 = 50 \text{ A.}$$

$S = 0,004 \text{ sm}^2$ S_k – kontaktların toxunma sahəsi

$$S_k = \frac{F_k'}{\sigma_{\partial z}}$$

Burada $\sigma_{\partial z} = 303 \cdot 10^2 \text{ H/sm}$ – kontakt materialının əzilməyə qarşı möhkəmliyidir.

Onda

$$S_k = \frac{5}{303 \cdot 10^2} = 0,0165 \cdot 10^{-2} \text{ sm}^2,$$

onda

$$F_{e.d.q} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 50^2 \ln \frac{0,004}{0,0165 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 2500 \cdot 10^{-7} \ln 24 =$$

$$= 5000 \cdot 10^{-7} \cdot 3,17 = 15,85 \cdot 10^{-4} \text{ H.}$$

Göründüyü kimi $F_k \gg F_{e.d.q}$ yəni $0,5 \text{ H} \gg 15,8 \cdot 10^{-4} \text{ H}$.

10) Remnin sarğacının hesablanması.

Bunun üçün sarğacın yaratdığı maqnit hərəkət qüvvəsini hesablayırıq.

$$(JW) = \frac{3,95 \cdot 10^3 \cdot k_T}{\varphi} \cdot a \sqrt{\frac{a}{c_1(1+k_n) \cdot \tau}}$$

Burada $a = 2,2$, $c_1 = 815$, $k_n = 0,19$, $\varphi = 0,85$, $k_T = 3$, $\tau = 1$. Bu əmsalların bəziləri hesablanır bəziləri isə cədvəllərdən götürülür.

a – elektromaqnitin ölçüsü olub aşağıdakı kimi hesablanır.

$$a = x \cdot \delta = 7,26 \cdot 0,3 = 2,178 \approx 22 \text{ m}$$

Burada $\sigma = 0,2 \div 0,5 \text{ om}$ – lövbərlə nüvə arasında hava məsafəsi

$$x - \frac{F}{\delta^3} = f(x)$$

qrafikində $\frac{F}{\delta^3}$ — üçün hesablanmış qiymətə uyğun x — oxundan götürülür.

Qrafikdə $\frac{F}{\delta^3} = 1,33$ — dür. Analitik olaraq o aşağıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$\frac{F}{\delta^3} = \frac{x^5 \varepsilon^2 k_T^2}{c_1 \left[1 + \frac{1}{2\xi k_E} \right] (1 + k_T)}$$

Bu ifadədə $\varepsilon, k_E, c_1, \xi, k_T$ əmsalları xüsusi texniki ifadələrlə hesablanır. Sonra x — ə qiymətlər verməklə $\frac{F}{\delta^3}$ tapılır. Nəhayət isə $\frac{F}{\delta^3} = f(x)$ qrafiki qurulur.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz əmsallar aşağıdakı ifadələrlə hesablanır.

$$\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{1,43}{\alpha e} + \frac{0,31}{x^2}}$$

$$k_E = \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon^2}$$

burada

$$\varepsilon_1 = \sqrt{1 + \frac{1,82}{x} + \frac{0,44}{x^2}}$$

$$c_1 = \frac{280 \rho_{105} (2 + 2\tau + n\pi)}{\varphi^2 \alpha e^2 f_3 \tau m \cdot n [n(1 + \tau + n\pi) + \alpha \cdot n(2 + 2\tau + n\pi)] h \cdot \theta_g}$$

Burada

$$\rho_{105} = 2,34 \cdot 10^{-2} \frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

misin 105°C — dəki xüsusi müqavimətidir.

$\varphi = 0,85$ — polad daxilində ümumi maqnit hərəkət qüvvəsinin itkisini nəzərə alan əmsaldır.

$\alpha e = 0,85$ — elektromaqnitin işləmə şəraitini nəzərə alan əmsaldır.

$f_3 = \frac{S_m \cdot W}{H \cdot A}$ – dolağın doldurma əmsəlidir. $f_3 = 0,6$, $m = \frac{H}{A} = 1,3 \div 2,5$. Əgər $a = 22 \text{ mm}$ – dirsə onda $H = 1,3 \cdot 22 = 2,86 \text{ sm}$, $n = \frac{A}{a} = 0,5 \div 0,8$. Onda $A = 0,6 \cdot 22 = 1,32 \text{ sm}$.

$\alpha = 0$ – sarğacın materialının istilik ötürmə əmsəlidir.

$$n = 9,3 \cdot 10^{-4} (1 + \alpha \theta_g) = 9,3 \cdot 10^{-4} (1 + 0,006 \cdot 65^{\circ})$$

$$= 13 \cdot 10^{-4} \frac{vt}{d\tau \cdot \text{sm}^2}$$

sarğacın xarici səthindəki istilik ötürmə əmsəlidir.

θ_g – dielektrik materialının maksimum dərəcədə qızma temperaturudur.

Onun qiyməti $\theta_g = 65^{\circ}C$.

$\xi = 0,7$ – maqnitlənməni xarakterizə edir. Bundan əlavə c_3 – sabiti hesablanır.

$$c_3 = \frac{9,4 \cdot 10^{-7} c f_v \varphi^2 \cdot \tau \cdot m^2 \cdot n}{\eta \cdot \rho_{105} \cdot (2 + 2\tau + n\pi)}$$

burada $v = \sigma_\delta \cdot \frac{f}{100} + \sigma_B \left(\frac{f}{100}\right)^2$ – hiterezis itkilərini nəzərə alan əmsal hansıki $\sigma_\delta = 2,85$ və $\sigma_B = 2,3$ – hiterezis və dairəvi cərəyanlarda əmələ gələn itki əmsallarıdır. Ə 31 poladı üçün $\eta = 0,95$ – maqnit keçiricisini poladda və izolyasiyada nəzərə alan əmsəldir. γ_c – səpələnməni nəzərə alan əmsal $\gamma_c = 7,8$. $f = 50 \text{ hc}$ – şəbəkə tezliyi

Elektromaqnitin xüsusi keçiriciliyinin hesablanması.

$$g = 2 \left(\frac{\tau}{n} + \frac{1}{n + 0,78} \right) = 2 \left(\frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,6 + 0,78} \right) = 4,2$$

Xüsusi keçiricilikdən istifadə edib σ_δ və σ_B əmsalları hesablanır.

$$\sigma_\delta = 1 + \frac{g \cdot m \left(1 + \frac{1}{2\xi \cdot k_\epsilon} \right)}{3x\epsilon^2\tau}$$

$$\sigma_\Phi = 1 + \frac{g \cdot m}{x \cdot \epsilon^2\tau} \left(1 + \frac{1}{2\xi \cdot k_\epsilon} \right)$$

Yuxarıdakı iki ifadədə $1 + \frac{1}{2\xi \cdot k_\epsilon} = t'$ – kimi işarə edək və bundan sonra aşağıdakı cədvəli qururuq.

x	x^2	x^5	e^2	ε_1^2	k_ε	t'	σ	σ_Φ	k_T	k_H	F/δ^3
7	49	16810	1,21	1,27	1,05	1,68	1,32	2,17	2,94	0,67	110
7,5	56,2	26800	1,2	1,25	1,045	1,685	1,37	2,11	3,05	0,86	155
8	64	32768	1,184	1,234	1,04	1,69	1,35	2,05	3,125	1,1	212

k_T və k_H əmsalları aşağıdakı kimi hesablanır.

$$k_T = \frac{\delta}{\delta_{kp} \cdot \varepsilon^2 \sigma}$$

Burada $\delta_{kp} = 0,10 \text{ mm}$.

$$k_H = \left[\frac{\varepsilon e^2 \varepsilon^2 \sigma_\Phi \cdot k_T \cdot \delta}{1 + \frac{1}{2\xi \cdot k_\varepsilon}} \right]^2 \cdot c_3$$

Bütün bu hesablamalardan sonra (10) ifadəsinə əsasən maqnit hərəkət qüvvəsini hesablayırıq.

$$JW = \frac{3,95 \cdot 10^3 \cdot 3}{0,85 \cdot 0,85} \cdot 2,2 \sqrt{\frac{2,2}{815(1 + 0,19) \cdot 1}} = 5425 \text{ A} \cdot \text{sarğı}$$

Lövbərin çəkilmiş vəziyyətində maqnit hərəkət qüvvəsi

$$(JW)_{kp} = \frac{JW}{k} = \frac{5425}{3} = 1808 \text{ A} \cdot \text{sarğı}$$

11) δ hava aralığındakı maqnit keçiriciliyini hesablayırıq.

$$G = \frac{\mu_0 a^2 \varepsilon^2 \tau}{\delta_0 t'} + \frac{\mu_0 g \cdot m \cdot a}{3} = \frac{1,25 \cdot 10^{-8} \cdot 2,2^2 \cdot 1,2^2 \cdot 1}{0,3 \cdot 1,68} + \frac{1,25 \cdot 10^{-8} \cdot 4,2 \cdot 1,3 \cdot 2,2}{3} = 19,5 \cdot 10^{-8}$$

12) Sarğacın sarğılar sayının hesablanması.

$$W = \frac{U}{4,44(JW) \cdot G \cdot \beta \cdot f}$$

Burada

$$\beta = \sqrt{1 + \left(\frac{D\delta}{a^3 \varepsilon^2 \sigma} \right)^2}$$

D - sabit kəmiyyət olub aşağıdakı kimi hesablanır.

$$D = \frac{10^4 \cdot \rho_{105}(2 + 2 \cdot \tau + n\pi) \cdot t}{1,25 \cdot 4,44 f_3 \cdot m \cdot n \cdot \tau \cdot f} = \frac{10^4 \cdot 2,34 \cdot 10^{-2}(2 + 2 \cdot 1 + 3,14 \cdot 0,6) \cdot 1,68}{1,25 \cdot 4,44 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 50} = 20$$

onda

$$\beta = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 0,3}{2,2^3 \cdot 1,2^2 \cdot 1,35}\right)^2} = 1$$

onda

$$W = \frac{220}{4,44 \cdot 5425 \cdot 19,5 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 50} = 930 \text{ sar.}$$

13) Sargı məftilinin ən kəşik sahəsini və diametrlərini hesablayırıq.

$$S_m = \frac{f_3 \cdot A \cdot H}{W} = \frac{0,5 \cdot 1,32 \cdot 2,86}{930} = 0,0020 \text{ sm}^2 = 0,2 \text{ mm}^2$$

məftilin diametri

$$d = \sqrt{\frac{S_m \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 4}{3,14}} = 0,5 \text{ mm}$$

14) Lövbərin çəkilmiş vəziyyətində sargıdan axan cərəyanın qiyməti

$$J_k = \frac{(W)}{W} = \frac{1808}{930} = 2A$$

15) Qütbdən axan maqnit seli

$$\Phi = \frac{U}{4,44 \cdot W \cdot f} = \frac{220}{4,44 \cdot 930 \cdot 50} = 0,001 = 10^{-3} \text{ B}\delta$$

16) Qısa qapanma həlqəsi olmadıqda elektromaqnitin dartı qüvvəsini hesablayırıq.

$$F_g = \frac{\Phi^2 \cdot 2,03 \cdot 10^4}{S_7}$$

Burada $S_7 = a^2 \cdot \tau \cdot \eta = 2,2^2 \cdot 1 \cdot 0,95 = 4,6 \text{ sm}^2$ – ekranla ekranlı hissələrin ümumi sahəsidir. Onda

$$F_g = \frac{(10^{-3})^2 2,03 \cdot 10^4}{4,6 \cdot 10^{-4}} = 0,44 \cdot 10^2 \text{ H} = 44 \text{ H}$$

17) Lövbərin çəkilmiş vəziyyətində lazım olan minimal dartı qüvvəsi ilə ekranlı vəziyyətdəki dartı qüvvəsi ilə ekranlı vəziyyətdəki dartı qüvvəsi arasında münasibət aşağıdakı kimi hesablanır.

$$F_N = \frac{F_{min}}{F_g} = \frac{K_{\Xi z} \cdot F_{np}}{F_g}$$

Burada $K_{\Xi z} = 1$. “ III ” şəkilli elektromaqnit üçün pulsasiya əmsali adlanır.

$$F_{np} = (1,5 \div 2)F_k = 1,8 \cdot 0,5 = 0,9h$$

onda

$$F_N = \frac{1 \cdot 0,9}{0,44 \cdot 10^2} = 2,0 \cdot 10^{-2}$$

18) S_1 və S_2 – sahələri arasındakı münasibət

$$\gamma = \frac{2 - F_N}{4 \cdot F_N} = \frac{2 - 2 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 25$$

Aşağıdakı ifadələrlə S_1 və S_2 – sahələri hesablanır.

$$S_1 = \frac{S_7 \cdot \gamma}{1 + \gamma} = \frac{4,6 \cdot 25}{1 + 25} = 4,42 sm^2$$

$$S_2 = \frac{S_7}{1 + \gamma} = \frac{4,6}{1 + 25} = 0,2 sm^2$$

$$S_7 = S_1 + S_2 = 4,42 + 0,2 = 4,62 sm^2$$

19) Qısa qapanma həlqəsinin parametrlərinin hesablanması. Qısa qapanma həlqəsi bürüncdən olduğu üçün onun xüsusi müqaviməti $T = 135^{\circ}C$ – də $\rho_0 = 6,8 \cdot 10^{-6} om \cdot sm$ istidən genişlənmə əmsali $\alpha = 0,0015$ onda

$$\rho_{135} = \rho_0(1 + \alpha \cdot T) = 6,8 \cdot 10^{-6}(1 + 0,0015 \cdot 135) = 8,2 \cdot 10^{-6} om \cdot sm.$$

İstilik ötürmə əmsali daxili hissədə yəni poladda

$$K_{Tg} = 2,9 \cdot 10^{-3}(1 + 0,0068T) =$$

$$= 2,9 \cdot 10^{-3}(1 + 0,0068 \cdot 135) = 5,56 \cdot 10^{-3} \frac{vt}{sm^2 dər}$$

İstilik ötürmə əmsali xarici hissədə yəni havada

$$K_{Tx} = 3,0 \cdot 10^{-3}(1 + 0,0017T) =$$

$$= 3,0 \cdot 10^{-3}(1 + 0,0017 \cdot 135) = 3,7 \cdot 10^{-3} \frac{vt}{sm^2 dər}$$

Qısa qapanma dolağının müqaviməti

$$r = \frac{2\pi f \cdot \mu_0 \cdot S_{\Xi}}{\delta_{np}} \cdot \frac{4F_N}{(3F_N + 2)^2} \sqrt{4 - F_N^2}$$

$\delta_{np} \rightarrow F_{np}$ -yə uyğun olan hava aralığıdır. Bu qiymət dartı xarakteristikasından seçilə bilər. Bu işə lövbərin çəkilmiş halına uyğun olduğu üçün $\delta_{np} = 0, H \text{ mm}$ - dir, onda

$$r = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,25 \cdot 10^{-8} \cdot 4,6}{0,016} \cdot \frac{4 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2}}{(3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} + 2)^2} \sqrt{4 - 2 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= \frac{1805,5 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{160 \cdot 10^{-4} \cdot 4} \cdot 2 = 11,28 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 45 \cdot 10^{-6} \text{ om}$$

Aktiv itkinin hesablanması.

$$P_{qq} = \frac{U^2 \cdot \delta_{ne} F_N}{\mu_{10} \cdot S_3 \cdot W^2} \cdot \sqrt{\frac{2 + F_N}{2 - F_N}}$$

$$= \frac{220^2 \cdot 0,016 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}}{1,25 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4,6 \cdot 930^2 \cdot 10^{-4}}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{2 + 2 \cdot 10^{-2}}{2 - 2 \cdot 10^{-2}}} = \frac{1549 \cdot 10^{-5}}{1561576810^{-10}} \cdot 1 = 0,00009,9 \cdot 10^5 = 9,9 \text{ Vt}$$

Qısa qapanma həlqəsinin naqilinin diametri tapılır.

$$d = \frac{P_{qq} \cdot \rho}{2 \cdot r \cdot k_{rx} \cdot T} = \frac{9,9 \cdot 8,2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 45 \cdot 10^{-6} \cdot 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 135}$$

$$= \frac{812 \cdot 10^{-6}}{44955 \cdot 10^{-9}} = 0,0018 \cdot 10^3 \text{ sm}^3$$

onda

$$d_{qq} = \sqrt[3]{d} = \sqrt[3]{1,8} = 1,22 \text{ sm.}$$

Qısa qapanma həlqəsinin qalınlığını $\Delta = 0,15 \text{ mm}$ qəbul edib C - ni hesablayırıq.

$$C = \frac{\Delta}{2} \left(\sqrt{1 + \eta_k \frac{10 \cdot d_{rr}}{\Delta^3}} - 1 \right) =$$

$$= \frac{0,15}{2} \left(\sqrt{1 + 0,66 \frac{10 \cdot 1,22 \cdot 10}{0,15^3}} - 1 \right) = 11,5 \text{ mm}$$

hansı ki,

$$\eta_k = \frac{k_{Tx}}{k_{Tg}} = \frac{3,7 \cdot 10^{-3}}{5,56 \cdot 10^{-3}} = 0,66$$

20) Sarğacdən axan ümumi cərəyanın hesablanması.

$$J = \sqrt{J^2 np + J^2 r r}.$$

Burada

$$J_{qq} = \frac{P_{em} + P_{rr}}{U},$$

$$P_{em} = \sum 6 \cdot 10^{-5} \nu \gamma_T B^2.$$

B – maqnit induksiyası aşağıdakı kimi hesablanır.

$$B = B_0 \cdot \frac{\delta_\phi \cdot \varepsilon^2}{\eta} = \frac{1,2 \cdot 2,15 \cdot 1,2^2}{0,66} = 5,6 Tc$$

$B_0 = 1,2 Tc$ – \Rightarrow 31 poladı üçün qalıq maqnetizmidir. ν – maqnit itkisi aşağıdakı kimi hesablanır.

$$\nu = \delta_\sigma \cdot \frac{1}{100} + \delta_B \left(\frac{1}{100} \right)^2 = 2,85 \frac{50}{100} + 2,3 \left(\frac{50}{100} \right)^2 = 1,43 + 0,58 = 2$$

onda

$$P_{em} = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 7,8 \cdot 1 \cdot (5,6)^2 = 2935,3 \cdot 10^{-5} Bt = 0,03 Vt.$$

Qısa qapanma

$$J_{qq} = \frac{9,9 + 0,03}{220} = 0,0545 A.$$

Onda sarğacdən axan ümumi cərəyanın qiyməti

$$J = \sqrt{2^2 + 0,045^2} = 2 A.$$

21) Sarğacın maksimum qızma temperaturunun təyini. Bunun üçün əvvəl ekvivalent istilikkeçirmə əmsallarını təyin edirik. Sorğu kitablarından naqilin hesablanmış diametrinə əsasən onun markasını və ikiqat izolyasiyasının qalınlığını seçirik. $d = 0,5 mm$, $d_{iz} - d = 0,05 mm$. Naqilin markası $\pi \ni \Pi$ tipli oldu. Naqilin izolyasiya ilə birlikdə qalınlığı

$$d_{iz} = d + 0,05 = 0,5 + 0,05 = 0,55 mm$$

Diametrlərin nisbəti

$$C_d = \frac{d_{iz} - d}{d} = \frac{0,05}{0,55} = 0,09$$

Izolyasiya materialının və naqillər arasında olan doldurma materialının istilikkeçirmə əmsalları və götürülmüş əmsalları

$$\lambda_u = 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{vt}{om \cdot d \cdot \delta r} \quad \text{və} \quad \lambda_g = 1,5 \cdot 10^{-3} \frac{vt}{om \cdot d \cdot \delta r}$$

Gətirilmiş əmsal

$$\lambda_k = \frac{d_{iz} - d + 2i + \delta_{u2}}{\frac{2\Delta}{\lambda_u} + \frac{2i}{\lambda_g} + \frac{\delta_{u1}}{\lambda_3}}$$

Burada d_{iz} sargılar arasına qoyulmuş araqaatın qalınlığı. λ_3 - isə onun istilikkeçirmə əmsəlidir. Əgər araqaat olmazsa, onda

$$\lambda_k = \frac{d_{iz} - d + 2i}{\frac{2\Delta}{\lambda_u} + \frac{2i}{\lambda_g}}$$

Lakin burada aşağıdakıları hesablamaq lazımdır.

$$\begin{aligned} \Delta &= d_{iz} - d = 0,05 \text{ mm} \\ 2i &= \frac{d_{iz}}{2} \left(2 - \frac{1}{2} \sqrt{4 - c_d^2} - \frac{2}{c_d} \arcsin \frac{c_d}{2} \right) = \frac{0,55}{2} \left(2 - \frac{1}{2} \sqrt{4 - 0,09^2} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{2}{0,09} \arcsin \frac{0,09}{2} \right) = 0,275(1 - 22,2 \arcsin 0,045) = \\ &= 0,275(1 - 22,2 \cdot 2,6) = -0,275 \cdot 56,7 = 15,6 \end{aligned}$$

onda

$$\begin{aligned} \lambda_k &= \frac{0,05 + 2 \cdot 15,6}{\frac{2 \cdot 0,05}{2,5 \cdot 10^{-3}} + \frac{2 \cdot 15,6}{1,5 \cdot 10^{-3}}} = \frac{31,25}{0,04 \cdot 10^3 + 20,8 \cdot 10^3} = \\ &= \frac{31,25}{20,84 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Bundan sonra ekvivalent istilik ötürmə əmsəli hesablanacaq.

$$\lambda_{\ni} = \lambda_k \cdot k_z$$

Burada $k_z = 4,7$ sorğu kitablarından seçilir.

$$\lambda_{\ni} = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4,7 = 7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{vt}}{\text{sm} \cdot \text{dər}}$$

İzolyasiya materialının en kəsik sahəsi

$$\begin{aligned} S_{iz} &= \frac{\pi}{4} (d_{iz}^2 - d^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,55^2 - 0,5^2) = \\ &= 0,785 \cdot (0,3 - 0,25) = 0,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\theta = 105^\circ \text{C}$ - də məftilin müqaviməti

$$R_{105} = \rho_{105} \frac{l_{op}}{S_m} \cdot W$$

Burada

$$l_{op} = a(2 + 2\tau + n\pi) = 2,2(2 + 2\alpha + 0,6 \cdot 3,14) = 12,9 \text{ sm}$$

Burada

$$\rho_{105} = \rho_0(1 + \alpha \cdot 105) = 1,6 \cdot 10^{-8}(1 + 0,004 \cdot 105) = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ om} \cdot \text{m}$$

onda

$$R_{105} = 2,3 \cdot 10^{-8} \frac{12,9 \cdot 10^{-2}}{0,2 \cdot 10^{-6}} \cdot 930 = 9,6 \text{ om.}$$

$\theta = 0^\circ \text{C}$ – də məftilin müqaviməti

$$R_0 = \rho_0 \frac{l_{op}}{S_m} \cdot W = 1,6 \cdot 10^{-8} \frac{12,9 \cdot 10^{-2}}{0,2 \cdot 10^{-6}} \cdot 930 = 9,6 \text{ om.}$$

Sarğacın aktiv gücü $\theta = 105^\circ \text{C}$ – də və $\theta = 0^\circ \text{C}$ – də

$$P_{105} = J^2 \cdot R_{105} = 2^2 \cdot 13,8 = 55,2 \text{ Vt,}$$

$$P_0 = J^2 \cdot R_0 = 2^2 \cdot 9,6 = 38,4 \text{ Vt.}$$

Dolağın izolyasiya hissəsinin ümumi həcmi

$$V_g = l_{op} \cdot W \cdot S_{iz} = a(2 + 2\tau + n\pi) \cdot W \cdot S_{iz} =$$
$$= 22 \cdot (2 + 2 \cdot 1 + 0,6 \cdot 3,14) \cdot 930 \cdot 0,04 = 4815 \text{ mm}^3 = 4,8 \text{ sm}^3$$

0°C – temperaturda V_g – həcminə düşən itkilər

$$q_0 = \frac{P_0}{V_g} = \frac{38,4}{4,8} = 8 \frac{\text{Vt}}{\text{sm}^3}$$

Polad nüvədəki itkilər

$$P_n = \frac{6 \cdot 10^5 \nu \gamma_c \cdot m}{a \cdot \tau \cdot \eta} \left(\frac{U}{\omega W^2} \right)^2 =$$
$$= \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 7,8 \cdot 1,3}{2,2 \cdot 1 \cdot 95} \left(\frac{220}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 930^2} \right)^2 =$$
$$= \frac{121,7 \cdot 10^5}{2,1} \left(\frac{220}{271578600} \right)^2 = 58 \cdot 10^5 \cdot 64 \cdot 10^{-14} = 3712 \cdot 10^{-9} \text{ vt}$$

Güc əmsalının tapılması

$$\cos \varphi = \frac{P_{105} + P_{em} + P_{qq}}{U \cdot J} = \frac{55,2 + 0,03 + 9,9}{220 \cdot 2} = 0,15.$$

Sarğacın tam müqaviməti

$$z_c = r + x_c = r + \frac{\omega W^2}{r_{ek}}$$

Burada $r_{ek} = \frac{(JW)_{kp}}{\Phi_c}$ ekvivalent maqnit müqavimətidir.

$$r_{ek} = \frac{1808}{10^{-3}} = 18 \cdot 10^5 (\text{om}) \frac{\text{Asar}}{B\delta}$$

onda

$$z_c = 45 \cdot 10^{-6} + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 930^2}{18 \cdot 10^5} = 45 \cdot 10^{-6} + \frac{2715786 \cdot 10^2}{18 \cdot 10^5} =$$

$$= 45 \cdot 10^{-6} + 15 \cdot 10^4 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} = 15 \text{ om}$$

İstilik müqavimətinin hesablanması.

$$R_T = \frac{\delta_k}{\lambda_k \cdot S} + \frac{\delta_n}{\lambda_n \cdot S} + \frac{1}{k_{Tc} \cdot S}$$

Burada $\delta_k = 3 \text{ mm}$ – kağızın qalınlığı. $\delta_n = 1 \text{ mm}$ – parçanın qalınlığı
 $\lambda_k = 0,3 \frac{Vt}{\mu \cdot C^0}$ – yağlanmış və preslənmiş kağızın istilik ötürmə əmsalı, λ_n – yağlanmış və preslənmiş parçanın istilik ötürmə əmsalı sorğu kitablarından götürülür. $k_{Tc} = 11 \frac{Vt}{m^2 \cdot dər}$ – sarğacın istilik ötürmə əmsalıdır. Sorğu kitablarından götürülür. $\lambda_n = 0,27 \frac{Vt}{\mu \cdot C^0}$ $S = (2A + d_n) \cdot TH$ – istilik ayrılan səthin sahəsidir.

Burada

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot S_n}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\text{ə}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,6}{3,14}} = \sqrt{5,86} = 2,4 \text{ sm.}$$

Onda

$$S = (2 \cdot 1,32 + 2,4) \cdot 3,14 \cdot 2,86 = 45,3 \text{ sm}^2 = 45,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

Bütün ölçülər məlum olduğdan sonra

$$R_T = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}} + \frac{10^{-3}}{0,27 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{11 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 0,2 \cdot 10^1 + 0,08 \cdot 10^1 + 0,002 \cdot 10 = 2,82 \frac{\text{dər}}{Vt}.$$

Metalin səthindəki maksimum qızma temperaturu

$$T_m = T_0 + P_0 \cdot R_T = 38,4 \cdot 2,82 + 40^0 C = 14,38^0 C.$$

İzolyasiyanın səthindəki maksimum temperaturu

$$T_n = T_m - P_0 \cdot R_T = 148 - 38,4 \cdot 2,8 = 42^0 C.$$

Burada

$$R_{Tn} = \frac{\delta_k}{\lambda_k \cdot S} + \frac{\delta_n}{\lambda_n \cdot S} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}} + \frac{10^{-3}}{0,27 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}} = 2 + 0,8 = 2,8 \frac{\text{dər}}{Vt}$$

İzolyasiya materialının istilik müqavimətidir.

22) İlişmə müddətinin hesablanması.

Bu iki müddətin yəni lövbərin tərpənmə və hərəkət müddətlərinin cəminə bərabərdir.

$$t_n = t_T + t_n.$$

Burada

$$t_T = 2,04 \cdot 10^{-2} \frac{F_2 \cdot \delta}{p} k_e^2 \ln \frac{k_e}{k_e - 1}.$$

Burada $F_2 = F_g = 44H$ elektromaqnitin hərəkətinin əksinə yönəlmiş qüvvədir. $p = 55,2 Vt$ sargaca tətbiq olunan gücdür. $\delta = 0,3 sm$ – lövbərin hərəkət etdiyi yolun uzunluğu və ya hava aralığıdır. k_e – ehtiyat əmsalı olub xüsusi qrafikdən götürülür. Yəni $k_e = 1,5$ olanda $\ln \frac{k_e}{k_e - 1} =$

$f(k_e)$ qrafikindən $\ln \frac{k_e}{k_e - 1} = 0,8$ tapılmışdır. Onda

$$t_T = 2,04 \cdot 10^{-2} \frac{44 \cdot 0,3}{55,2} \cdot 1,5^2 \cdot 0,8 = 1,09 \cdot 10^{-2} = 0,011 \text{ san}$$

İndi əhatəedici mühit $0^{\circ}C$ olanda tərpənmə müddətini hesablayaq.

$$t_T = 2,04 \cdot 10^{-2} \frac{44 \cdot 0,3}{55,2} \cdot 1,5^2 \cdot 0,8 = 1,6 \cdot 10^{-2} = 0,016 \text{ san}$$

Hərəkət müddətini hesablayaq.

$$t_n = 0,14 \sqrt{\frac{2 \cdot M \cdot \delta}{F_3 - F_2}}$$

Burada

F_3 – elektromaqnit qüvvədir. $F_3 = F_2 + F_{np} = 44 + 0,9 = 44,9$

F_2 – əksinə yönəlmiş qüvvədir. $F_2 = 44 h$

M – lövbərin çəkisidir. $\delta = 0,3$

onda

$$t_n = 0,14 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,35 \cdot 0,3}{44,9 - 44}} = \sqrt{\frac{0,2}{0,9}} \cdot 0,14 = 0,47 \cdot 0,14 = 0,07 \text{ san.}$$

Burada $M = \rho_n \cdot V_n$, $\rho_n = 7800 \text{ kq/m}^3$ – dəmir poladın sıxlığı

$$V_n = \Delta n \cdot a_n \cdot b_n = \Delta n \cdot (2A + d_H)(2A + d_H + 2\Delta n)$$

$$\Delta n = \frac{d_H}{2} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ sm}$$

onda

$$V_n = 1,2 \cdot (2 \cdot 1,32 + 2,4)(2 \cdot 1,32 + 2,4 + 2 \cdot 1,2) \approx 45 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3$$

$$M = 7800 \cdot 45 \cdot 10^{-6} = 0,35 \text{ kq.}$$

Onda ilişmə müddəti

$$t_n = 0,016 + 0,07 = 0,076 \text{ san .}$$

olar.

NƏTİCƏ

Çox gözəl bir təsadüfdür. Cümə günü başlanan iş cümə günü də başa çatdı. Çox şükürlər olsun ki, bu işi biz salamatçılıqla başa çatdırdıq. Allahın lütfü çox böyükdür. Deməli, bu işdə onun razılığı olmuşdur. Əgər bir işdə Allahın razılığı olarsa, həmin iş bərəkətli olar. Bu isə o deməkdir ki, bunun insanlara xeyri olar. Odur ki, biz də çox ümid edirik ki, bizim yazdığımız bu kitabın insanlara müəyyən qədər xeyri olacaqdır. Əgər oxucu əldə etdiyi bu kitabdan bəhrələnersə bu bizim üçün böyük xoşbəxtlik olar. Allah və insanlar qarşısında müəyyən qədər borcumuzun yerinə yetirilməsi kimi sayılar.

Təxminən bir il altı ay müddətində yazılan bu kitab elə bu məqsəddən ötrüdür. Ola bilər ki, bəzi oxucuların intellekt səviyyəsi bu kitabla uyğun gəlməsin. Yəni onlar deyə bilərlər ki, bundan da artıq bir kitab yazıla bilərdi, yaxud bəzi nöqsanlar ola bilər. Bunun üçün onlardan çoxlu üzr istəyirik. Lakin bütün bunlarla yanaşı onu da qeyd etmək istəyirik ki, əvvəldən qarşımıza qoyduğumuz məqsədə nail olmuşuq. Qaldı ki, oxucularımızın tövsiyə və təkliflərinə, qabaqcadan biz onlara öz təşəkkürümüzü bildiririk.

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

1. Bünyadov Z., Məmmədliyəv V. « Quran ». 1992 Azərneşr.
2. Tahirov V.İ. Ümumi fizika kursu. Elektrik və maqnit hadisələri. Dərslük. Elmi redaksiya f.-r.e.d. prof. N.F.Qəhrəmanov.
3. Firiş. Fizika kursu (I və II hissə).
4. Киреев П.С. « Физика полупроводников ». 1969, Высшая школа.
5. Quluzadə K. və başqaları. « Sənaye elektronikasi ». 1977, Maarif.
6. Тамм И.Е. « Основы теории электричества ». 1974, Наука.
7. Гершунский Б.С. « Основы электроники ». 1977, Киев.
8. Браммер Ю.Ф. « Импульсная техника ». 1965, Высшая школа.
9. Шило В.Л. « Линейные интегральные микросхемы ». 1979, Сов. радио.
10. Шопен А.В. « Бесконтактные электронные аппараты ». 1976, Москва.
11. Изюмов Н. М. « Основы радиотехники ». 1961, Высшая школа.
12. Справочник радиолюбителя. 1983, Москва. « радио и связь ».
13. Лавриненко В.Ю. « Справочник по полупров. прибор ». 1977, Киев.
14. Додик С.Д. « Полупроводник. стабилизаторы ». 1962, Москва.
15. Яковлев В.Н. « Справочник по имп. техники ». 1973, Киев.
16. Буткевич Г.В. « Основы теории элект. аппарат ». 1970, Высшая школа.
17. Сахаров П.В. « Проектирование элект. аппарат ». 1971, Москва. Энергия.

MÜNDƏRİCAT

Ön söz	3
I Elektronikanın öyrəndiyi problemlər	5
§ 1.1 Giriş.....	5
§ 1.2 Elketronika nəyi öyrənir.....	6
§ 1.3 Qaz daxilində elektronun yaranması.....	7
§ 1.4 Elektron emisiyası.....	8
§ 1.5 Elektron elektrik sahəsində.....	11
§ 1.6 Elektron maqnit sahəsində.....	14
§ 1.7 Dielektriklər.....	17
§ 1.8 Kondensatorlar.....	19
§ 1.9 Yarımqeçiricilər.....	22
§ 1.10 Xarici faktorların təsiri ilə yarımqeçiricilərdə keçiriciliyin artırılması.....	23
§ 1.11 Işığın təsiri ilə yarımqeçiricilərdə keçiriciliyin artırılması.....	27
§ 1.12 Elektrik sahəsinin təsiri ilə yarımqeçiricilərdə keçiriciliyin dəyişməsi.....	31
§ 1.13 Maqnit sahəsinin təsiri ilə yarımqeçiricilərdə keçiriciliyin dəyişməsi.....	32
II FƏSİL. Elektron cihazlarının düzləndirmə xüsusiyyətləri	35
§ 2.1 İki elektrodlu lampa – Diod.....	35
§ 2.2 Diodun düzləndirmə sxemlərində istifadə olunması.....	38
§ 2.3 Yarımqeçiricidə düzləndirmə yolları – diod.....	40
§ 2.4 Diodun volt – amper xarakteristikası.....	43
§ 2.5 Yüksək tezlikli diodlar.....	47
§ 2.6 Diodlarda tunel effekti.....	52
§ 2.7 Fotodiodlar.....	55
§ 2.8 Işıq diodu.....	59
§ 2.9 Bir yarımpəriodlu düzləndirmə sxemi.....	64
§ 2.10 İki yarımpəriodlu düzləndirmə sxemi.....	69
§ 2.11 Körpü sxemi.....	72
§ 2.12 Gərginlik toplayıcıları.....	74
§ 2.13 Hamarlayıcı süzgeçlər.....	76
§ 2.14 Stabilizatorlar.....	82
§ 2.15 Diod – detektor.....	88

III FƏSİL. Elektron cihazlarının gücləndirmə xüsusiyyətləri.....	92
§ 3.1 Üçelektrodlu elektron lampası – triod.....	92
§ 3.2 Triodun gücləndirmə xüsusiyyəti.....	95
§ 3.3 Çoxelektrodlu elektron lampaları.....	99
§ 3.4 Elektron lampalarının generator variantı.....	104
§ 3.5 Daha yüksək tezlikli lampalı generatorlar.....	106
§ 3.6 İkiqat konturlu klistron.....	109
§ 3.7 Qaçan dalğalı generatorlar – maqnetron.....	111
§ 3.8 Potensialotron.....	114
§ 3.9 Elektron şüa borusu.....	116
§ 3.10 Kineskoplar.....	120
§ 3.11 Yarımkeçirici triod – tranzistor.....	122
§ 3.12 Tranzistorların əsas parametrləri.....	124
§ 3.13 Tranzistor – dördqütblü kimi.....	127
§ 3.14 Tranzistorların xarakteristikaları.....	129
§ 3.15 Tranzistorun – tezlik və temperatur asılılığı.....	131
§ 3.16 Tranzistorların iş prinsipləri və növləri.....	134
§ 3.17 Sahə tranzistoru.....	137
§ 3.18 Birkeçidli tranzistor.....	140
§ 3.19 Fototranzistor.....	142
§ 3.20 Tristorlar.....	143
§ 3.21 Tranzistorlu gücləndiricilər.....	146
§ 3.22 Gücləndirici sxemlər.....	150
§ 3.23 Tranzistorlu çıxış kaskadları.....	157
§ 3.24 Tranzistorlu generatorlar.....	162
§ 3.25 Qeyri – sinusoidal gərginlik generatorları.....	167
§ 3.26 Tranzistorlu stabilizatorlar.....	178
IV FƏSİL. Məntiqi elementlərin yaranma səbəbləri.....	183
§ 4.1 Məntiqi elementlər haqqında məlumat.....	183
§ 4.2 Elektromaqnit relesi məntiqi element kimi.....	185
§ 4.3 Relenin kontaktlarının hesablanması.....	190
§ 4.4 Elektrodinamiki qüvvələrin hesablanması.....	193
§ 4.5 Dəyişən cərəyan elektromaqnit relesinin hesablanması.....	199
§ 4.6 Kontaktsiz relələr haqqında.....	203
§ 4.7 Maqnit gücləndiriciləri.....	206
§ 4.8 Tranzistorlu məntiqi elementlər.....	212

§ 4.9 Mikroşemlər haqqında məlumat.....	215
§ 4.10 Diferensiallayıcı və inteqrallayıcı mikroşemlər.....	218
Əlavələr	220
§1 Tranzistorlu alçaq tezli gücləndiricinin hesablanması	220
§2 Simmetrik triqenin hesablanması	227
§3 Elektromaqnit relenin hesablanması	229
Nəticə	246
Ədəbiyyat	247