

## 22-tema: Bipolyar tranzistorlar (BT) (2-bólim)

### Joba:

1. Bipolyar tranzistorlardıń elektr modelleri
2. BT tórtqutblik retinde

***BTnıń elektr modelleri. BT tórtqutblik retinde. BTnıń sıızılı emes modeli:***  
Kollektor toǵı eki quraytuǵınnan ibarat:

$$I_K = I_{Kn} + I_{K0}$$

Eger  $I_{Kn}$  emitterdiń tolıq toǵı menen baylanıslılıǵı itibarǵa alınsa, ol halda

$$I_{Kn} = \alpha I_{\mathcal{O}} + I_{K0}$$

bul jerde  $\alpha = \gamma \alpha_T$  - ***emitter toǵın uzatıw koefficiyenti***.  $\alpha < 1$  bolǵanı ushın UB jalǵanǵan BT toktı kúsheytirmeydi ( $I_K \approx I_{\mathcal{O}}$ ).

Baza elektrodındaǵı tok rekombinatsiya quraytuǵın  $I_{Brek}$  den tısqarı, EÓniń injeksiyalangan gewekler toǵı  $I_{Er}$  hám KÓniń jeke toǵı  $I_{K0}$  den dúziledi. Kórinip turıptı, olda bolsa:

$$I_{Brek} = (1 - \alpha_T) I_{\mathcal{O}}$$

Baza toǵınıń rekombinatsiya  $I_{Brek}$  hám injeksiya  $I_{Er}$  qurawshıları baǵdarları birdey. Eger KÓ ǵa qoyılǵan kernew kerı baǵıtında bolsa, onıń jeke toǵı  $I_{K0}$  teris jónelgen boladı. Sol sebepli

$$I_K = (1 - \alpha_T) I_{\mathcal{O}} + I_{\mathcal{O}p} - I_{K0} = (1 - \alpha) I_{\mathcal{O}} - I_{K0}$$

Tok boyınsha úlken kúsheytiw koefficiyentin támiyinleytuǵın sxema BT UE sxemada jalǵanǵan. Bul sxemada ulıwma elektrod bolıp emitter, kirisiw tokı bolıp - baza tokı, shıǵıw tokı bolıp bolsa - kollektor tokı xızmet etedi.

Kirxgofning birinshi nızamına muwapıq emitter tokı tranzistordıń basqa elektrodları tokları menen tómendegi munasábet arqalı baylanısqa

$$I_{\mathcal{O}} = I_B + I_K$$

Bul munasábetlerdi itibarǵa alǵan halda UE jalǵanǵan sxemada kollektor tokı ushın teńleme tómendegi kóriniske iye boladı:

$$I_K = \alpha(I_B + I_K) + I_{K0}$$

Bunnan:

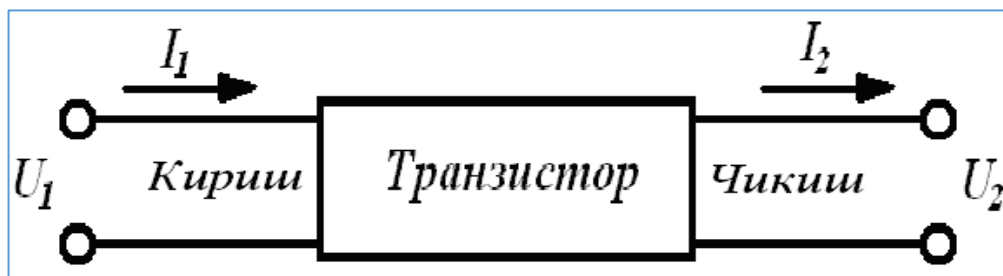
$$I_K = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{1}{1 - \alpha} I_{K0}$$

Eger  $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$  dep belgilensa, joqarıdaǵı ańlatpanı tómendegi kóriniste jazıw múmkin:

$$I_K = \beta I_B + (\beta + 1) I_{K0}$$

$\beta$  koefitsiyent *baza toğın uzatıw koefitsiyenti* dep ataladı.  $\beta$  nıń mánisi  $10 \div 1000$  bolıp, UE sxemada jalǵanǵan BT jaqsı tok kúsheytgish esaplanadı.

Tranzistordıń sıızıqlı dinamikalıq modeli onı sıızıqlı aktiv tórt polyuslıq menen teńlestiriwge tiykarlanadı. Kirisiwde kernew  $U_1$  hám tok  $I_1$ , shıǵıwda kernew  $U_2$  hám tok  $I_2$  tásir jetip atırǵan apparat tórt polyuslıqtı quraydı (22. 1-súwret).



22. 1-súwret. Tranzistordı sıızıqlı tórt polyuslıq retinde kórsetiliwi.

Onıń  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  parametrlerge salıstırǵanda eki ishki baylanısıwlar teńlemesin jazıw múmkin.

Eger tranzistor *tok penen basqarılса*, qálegen ózgeriwshi retinde kirisiw tokı  $I_1$  hám shıǵıw kernewi  $U_2$  saylanadı. Ol jaǵdayda tórt qutblilik teńlemesi, yaǵnıy tranzistordıń sıızıqlı matematikalıq modeli tómendegi kóriniske iye boladı:

$$\left. \begin{aligned} dU_1 &= \frac{\partial U_1}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial U_1}{\partial U_2} dU_2 \\ dI_2 &= \frac{\partial I_2}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial I_2}{\partial U_2} dU_2 \end{aligned} \right\}$$

Qálegen ózgeriwshiler aldındaǵı hususiy tuwındılar, garmonik terbelisler tásir etken halda  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{22}$  belgiler menen belgilenedi hám ***h - parametrler*** dep ataladı. Parametrler túrli ólshemlerge iye hám sol sebepli olar gibrid parametrler sisteması dep ataladı.

$h_{11} = \partial U_1 / \partial I_1$  - *tranzistordıń kiriw differensial qarsılıǵı* bolıp, BT shıǵıwdaǵı kernewdiń ózgeriwshen quraytuǵınsı qısqa tutastirilganda ( $dU_2=0$ , “qısqa tutasıw” rejiminde) anıqlanadı;

$h_{12} = \partial U_1 / \partial U_2$  - *tranzistordıń kernew boyınsha teris baylanıs koefitsiyenti* bolıp, júzimdiń ózgeriwshen quraytuǵınsı ushın kirisiw úzilgende ( $dI_1=0$ , “salt júriw” rejiminde) anıqlanadı;

$h_{21} = \partial I_2 / \partial I_1$  - *tranzistordıń tok boyınsha differensial uzatıw koefitsiyenti* bolıp, shıǵıw ózgeriwshen tok boyınsha qısqa tutastirilganda ( $dU_2=0$ , “qısqa tutasuv” rejiminde) anıqlanadı;

$h_{22} = \partial I_2 / \partial U_2$  - *tranzistordıń differensial ótkezgishligi* bolıp, júzimdiń ózgeriwshen quraytuǵın ushın kirisiw úzilgende ( $dI_1=0$ , “salt júriw” rejiminde) anıqlanadı.

Parametrlerdin belgilenishlarida indeks degi birinshi san 1 bolsa, eki arttiriw kirisiw shıjırına, birinshi san 2 bolsa - shıǵıw shıjırına tiyisli ekenin ańlatadı. Úshinshi indeks  $B$ ,  $E$ ,  $K$  lar arqalı tranzistordın jalǵanıw sxeması kórsetiledi.

$h_{11}$  hám  $h_{12}$  parametrler kirisiw xarakteristikalar arqalı,  $h_{21}$  hám  $h_{22}$  bolsa shıǵıw xarakteristikalar járdeminde tabıladı. Joqarıdaǵı ańlatpalardaǵı differensiallar, úlken qátelikke jol qo'ymagan halda, tranzistor daǵı ózgermeytuǵın kernew hám toklar arttırıwlarınıń absolyut bahaları menen almasıruıwı múmkin.  $h$  - parametrlerdin abzallıǵı tómén chastotalarda olardı ólshew ańsatligida bolıp tabıladı.

Eger tranzistor *kernew menen basqarılса*, qálegen ózgeriwshi retinde kirisiw  $U_1$  hám shıǵıw  $U_2$  kernewleri saylanadı. Ol jaǵdayda tórt polyuslıq teńlemeleri tómendegi kóriniste boladı:

$$\left. \begin{aligned} dI_1 &= \frac{\partial I_1}{\partial U_1} dU_1 + \frac{\partial I_1}{\partial U_2} dU_2 \\ dI_2 &= \frac{\partial I_2}{\partial U_1} dU_1 + \frac{\partial I_2}{\partial U_2} dU_2 \end{aligned} \right\}$$

Qálegen ózgeriwshiler aldındaǵı hususiy arttırıwlar garmonik terbelisler tásir etkende  $y_{11}$ ,  $y_{12}$ ,  $y_{21}$ ,  $y_{22}$  dep belgilenedi hám modeldin  $y$  - *parametrleri* dep ataladı.

$y_{11} = \partial I_1 / \partial U_1$  - *tranzistordın kirisiw differensial ótkeriw-chanligi*;

$y_{12} = \partial I_1 / \partial U_2$  - *tranzistordın teris differensial uzatıw ótkezgishligi*;

$y_{21} = \partial I_2 / \partial U_1$  - *tranzistordın tuwrı differensial uzatıw ótkezgishligi*;

$y_{22} = \partial I_2 / \partial U_2$  - *tranzistordın shıǵıw differensial ótkeriwshenligi*.

Barlıq  $y$  - parametrler júzimdin ózgeriwshen qurawshıları ushın qısqa tutasıw rejiminde tórt qutblilikning qarsı tárepinde anıqlanadı:  $y_{22}$  hám  $y_{12}$  lar ushın kirisiwde “qısqa tutasuv” rejiminde  $dU_1=0$ ,  $y_{11}$  hám  $y_{21}$  lar ushın shıǵıwda “qısqa tutasuv” rejiminde  $dU_2=0$ .

$h$ ,  $y$  - parametrler berilgen chastotada tikkeley olshenedi. Joqarı chastotalarda  $h_{11}$  hám  $h_{12}$  parametrlerdi ólshew qıyınlasadı, sebebi EÓniń jeterlishe úlken sıyımlılıq ótkezgishligi esabına “salt júriw” rejimin ámelge asırıp bolmaydı.  $y$  - parametrlerdi ólshew kirisiw hám shıǵıwlarda qısqa tutasıw rejimi ámelge asırılǵan halda atqarıladı. Joqarı chastotalarda qısqa tutasıw rejimi uyqas elektrodlarǵa jetkiliklishe úlken sıyımlılıqǵa iye kondensator jalǵaw menen ámelge asırıladı. Sol sebepli BT lar tiykarındaǵı joqarı chastotalı ózgertgichlarni esaplawda tek  $y$  - parametrlerden paydalanıladı. Tómén chastotalı ózgertgichlarni esaplawda  $h$  - parametrlerden paydalanıw qolaylaw, sebebi olardıń bahaları tranzistordın standart statikalıq xarakteristikalarınan tabıladı hám málimlemelerde keltiriledi.

$y$  - parametrler mánisi málim  $h$  - parametrlerden tómendegi munasábetler tiykarında tabılıwı múmkin:

$$y_{11} = \frac{1}{h_{11}}, \quad y_{12} = -\frac{h_{12}}{h_{11}}, \quad y_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}}, \quad y_{22} = \frac{h}{h_{11}} \quad (h = h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}).$$

22.1 - keste de túrli tranzistorlar ushın  $h$  - parametrlerdiń shamalangan bahaları keltirilgen, bunda tranzistordıń shıǵıw qarsılıǵı ornına  $1/h_{22}$  keltirilgen.

22.1 - keste

Parametr	UE jalǵanǵan sxemada	UB jalǵanǵan sxemada
$h_{11}$	$0,1 \div 10 \text{ kOm}$	$1 \div 100 \text{ Om}$
$h_{12}$	$10^{-3} \div 10^{-4}$	$10^{-2} \div 10^{-4}$
$h_{21}$	$20 \div 1000$	$0,950 \div 0,998$
$1/h_{22}$	$1 \div 10 \text{ kOm}$	$0,1 \div 10 \text{ MOm}$

Ádetde málimlemelerde  $h$  - parametrlerdiń UE jalǵanǵan sxema ushın bahaları keltiriledi.  $h$  - parametrler arasındǵı munasábetler 22.2 - keste de keltirilgen.

22.2-keste.

$h_{11\varnothing} = \frac{h_{11B}}{1 + h_{21B}}$	$h_{11K} = h_{11\varnothing}$	$h_{11B} = \frac{h_{11\varnothing}}{1 + h_{21\varnothing}}$
$h_{12\varnothing} = \frac{h_{11B} \cdot h_{22B}}{1 + h_{21B}} - h_{12B}$	$h_{12K} = 1$	$h_{12B} = \frac{h_{11\varnothing} \cdot h_{22\varnothing}}{1 + h_{21\varnothing}} - h_{12\varnothing}$
$h_{21\varnothing} = -\frac{h_{21B}}{1 + h_{21B}}$	$h_{21K} = h_{21\varnothing} + 1$	$h_{21B} = -\frac{h_{21\varnothing}}{1 + h_{21\varnothing}}$
$h_{22\varnothing} = \frac{h_{22B}}{1 + h_{21B}}$	$h_{22K} = h_{22\varnothing}$	$h_{22B} = \frac{h_{22\varnothing}}{1 + h_{21\varnothing}}$

BT differensial parametrleri arasındǵı munasábetler 22.3 - keste de keltirilgen.

22.3-keste.

$y_{11} = \frac{1}{h_{11}}$	$h_{11} = \frac{1}{y_{11}}$
-----------------------------	-----------------------------

$y_{12} = -\frac{h_{12}}{h_{11}}$	$h_{12} = -\frac{y_{12}}{y_{11}}$
$y_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}}$	$h_{21} = \frac{y_{21}}{y_{11}}$
$y_{22} = \frac{h}{h_{11}}$	$h_{22} = \frac{y}{y_{11}}$

Bul jerde:  $y = y_{11}y_{22} - y_{12}y_{21}$ ,  $h = h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}$ .

### Qadaǵalaw sorawları

1. Tranzistordı sıızıqlı tórt polyuslıq retinde kórsetiliwi haqqında túsiniń beriń.
2. BTnıń sıızıqlı emes modeli haqqında aytıń.