

ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

Ҳимояга руҳсат

Кафедра мудири

2012 й. «____» _____

RADIOTEHNIK QURILMALARDAGI
RAQAMLI SXEMALARNING ANALITIK TAHLILI мавзuida

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИ

бўйича маслаҳатчиси

Битирувчи	_____	<u>Қудратов О. У.</u>
	имзо	ф.и.ш.
Рахбар	_____	<u>Алимова Н.Б.</u>
	имзо	ф.и.ш.
Такризчи	_____	<u>Мавлянов А.Р.</u>
	имзо	ф.и.ш.
ММва ТХ	_____	<u>Қодиров Ф.М.</u>
	имзо	ф.и.ш.

MUNDARIJA

Kirish	6
1 BOB	
RADIOTEXNIK QURILMALARDAGI RAQAMLI SXEMALARNING ANALITIK TAHLILI	
1.1. Radiotexnik qurilmalarning bipolyar tranzistorlar asosidagi raqamli sxemalari	7
1.2. Radiotexnik qurilmalarning MDYa tranzistorlar asosidagi raqamli sxemalari	12
1.3. Nanoelektron elementar bazaga asoslangan radiotexnik qurilmalarning rivojlanish istiqboli	17
2 BOB	
KOMPLIMENTAR BIPOLYAR TRANZISTORLARDA PAST KUCHLANISHLI RAQAMLI SXEMALARNI MATEMATIK MODELLASHTIRISH	
2.1. Bipolyar tranzistorlarda elektron kalitlarni matematik modellashtirish	22
2.2. Bipolyar tranzistorlarda yasalgan elektron kalitlarni kompyuterda odellashtirish.....	26
2.3. Dinamik yuklamali bipolyar tranzistorda yig`ilgan invertor.....	31
2.4. Komplimentar bipolyar tranzistorda yasalgan invertor	33
2.5. Komplimentar bipolyar transistor asosidagi invertorning uzatish xarakteristikasini o`rganish.....	37
3 BOB	
KOMPLIMENTAR BIPOLYAR TRANZISTORLAR ASOSIDAGI PAST KUCHLANISHLI RAQAMLI SXEMALARNI TADQIQ QILISH VA ISHLAB CHIQISH	
3.1. Komplimentar bipolyar tranzistorlar asosidagi invertorni tajribada tadqiq qilish	41
3.2. Komplimentar bipolyar tranzistorlar asosidagi invertorlning uzatish xarakteristikasini tajribada o`rganish	43
3.3. Komplimentar bipolyar tranzistorlar asosidagi	

bazaviy raqamli sxemalarni yig`ish.....	48
Xulosa	55
Foydalanilgan adabiyotlar ro`yhati	56

ANNOTASIYA

Bitiruv malakaviy ish KBTlar asosidagi radiotexnik qurilmalar uchun istiqbolli negiz sxemalarni, mazkur qurilmalarni hisoblash algoritmini, yaratilayotgan sxemalarni kompleks tadqiq etish va ishlab chiqishga bag'ishlangan.

MultiSim dasturiy ta'minoti asosida kompyuterda tadqiqotlar olib borilgan va integral mikrosxemalarda tajriba yo'li bilan olingan natijalar o'z tasdig'ini topgan.

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию и разработке перспективных базовых схем для радиотехнических устройств на основе КБТ, разработке алгоритмов расчета данных устройств, комплексному исследованию разрабатываемых схем.

Произведено компьютерное исследование на базе программного обеспечения MultiSim и экспериментальное подтверждение полученных результатов на схемах реализованных в интегральных микросхемах.

ABSTRACT

Exhaust qualifications work is dedicated to study and development of the perspective base schemes for radio engineering device on base complementary bipolar transistor, development algorithm calculation data device, complex study of the under development schemes.

Made computer study on the base of the software MultiSim and piece of evidence got result on scheme marketed in integral microcircuit.

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti I.A.Karimovning O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi Qonunchilik palatasi va Senatining 2010 yil 27 yanvar kuni bo'lib o'tgan qo'shma majlisida «Mamlakatni modernizasiya qilish va kuchli fuqarolik jamiyati barpo etish – ustuvor maqsadimizdir» hamda Vazirlar Mahkamasining 2010 yil 29 yanvar kuni bo'lib o'tgan majlisidagi “Asosiy vazifamiz – Vatanimiz taraqqiyoti va xalqimiz farovonligini yanada yuksaltirishdir” mavzularidagi ma'ruzalarida zamonaviy axborot va kommunikasiya texnologiyalari, raqamli va keng formatli telekommunikasiya aloqa vositalari hamda Internet tizimini yanada rivojlantirish, ularni har bir oila hayotiga joriy etish va keng o'zlashtirish masalalariga alohida to'xtalib o'tildi.

I.A. Karimov o'zining “Jahon moliyaviy–iqtisodiy inqirozi...” asarida aytib o'tganidek, eksportga yo'naltirilgan asosiy tarmoqlar va ularga bog'liq bo'lgan turli ishlab chiqarsi faoliyatlari

Axborot–kommunikatsiya sohasida chet mamlakatlardan import qilinayotgan radiotexnik qurilmalarning o'rnini bosuvchi milliy mahsulotlarni ishlab chiqarish lozim. Mazkur bitiruv malakaviy ishida komplimentar bipolyar tranzistorlar asosidagi yangi, past kuchlanishli bazaviy raqamli sxemalarni o'rganish va ishlab chiqishga harakat qilindi.

Raqamli sxemalar radiotexnik qurilmalarning asosiy bazasi hisoblanadi. Bugungi kunga kelib raqamli sxemalarning geometrik o'lchamlarini, massasini, energiya iste'molini, narxini kamaytirish va ular bajaradigan funksiyalarning hajmini oshirish ustida olib borilayotgan izlanishlar va bu izlanishlarni hayotga tadbiq qilish ishlari tezlik bilan rivojlanmoqda. Shuning uchun ham bitiruv malakaviy ishi past kuchlanishli raqamli sxemalarni o'rganish va ishlab chiqishga bag'ishlanadi.

1 BOB

RADIOTEXNIK QURILMALARDAGI RAQAMLI SXEMALARNING ANALITIK TAHLILI

1.1. Radiotexnik qurilmalarning bipolyar tranzistorlar asosidagi raqamli sxemalari

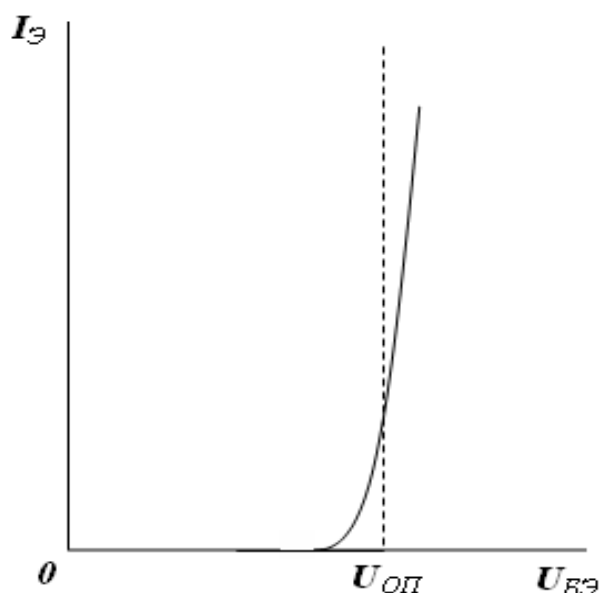
Bipolyar integral sxemalar yordamida amaliyotda ko'p qo'llaniladigan an'anaviy radiotexnik qurilmalar tayyorlanishi mumkin. Avval yarim o'tkazgichli bipolyar asboblarni, bazaviy sxemalarning xarakteristikalarini, shuningdek, ularning tuzilishini ko'rib chiqamiz.

Bipolyar tranzistorlar asosidagi sxemalarni hisoblashda ularning ishini to'liq baholashga imkon beruvchi bo'lak-to'g'ri chiziqli approksimatsiya usulidan foydalaniladi. Bu usulning asosiy xususiyati shundaki, tranzistordagi p-n o'tish V_s siljish kuchlanishiga ega bo'lgan ideal diod kabi hisoblanadi. Uning xarakteristikasi 1.1–rasmda punktir chiziq bilan ko'rsatilgan.

Bipolyar tranzistorlar asosidagi sxemala bilan maydoniy MDYa tranzistorlar asosidagi sxemalarning asosiy farqi shundaki, ulardan birining o'chib–yonishi (ya'ni qayta ulanishi) uchun nafaqat kuchlanish berish zarur, balki ulardan boshqaruvchi baza tokining oqib o'tishi ham ta'minlash kerak. Bipolyar tranzistorlar asosida raqamli sxemalarni qurishda shu e'tiborga olish lozimki, tranzistorlarning kirish qarshiligi maydoniy tranzistorlardagi kabi nafaqat sig'imli tashkil etuvchiga, balki rezistiv (aktiv) tashkil etuvchiga ham ega. Bipolyar tranzistorlarni tok bilan boshqarish maydoniy MDYa tranzistorlarnikiga qaraganda kuchliroq ekanligi aniqlandi.

Bipolyar tranzistorlar asosidagi mantiqiy sxemalarning yuqori tezkorligini ta'minlash uchun ko'rilyotgan sxemani to'yintiruvchi rejimga o'tkazuvchi, shuningdek, to'plangan zaryadlarni tezda yo'qotishga imkon beruvchi bir qancha usullar qo'llaniladi. Birinchi usulga ko'ra hisob–kitob qilinadigan mantiqiy

sxemalar to'yintirilmagan deyiladi, ikkinchi usulga ko'ra hisob-kitob qilinadigan mantiqiy sxemalar esa to'yintirilgan deyiladi. TTM va I²M lar to'yintirilgan mantiqiy sxemalar sinfiga mansub bo'lgan tipik sxemalar hisoblanadi. EBM va TTMSH (Shotki diodli) lar esa to'yintirilmagan sxemalar sinfiga mansubdir.



1.1–rasm. To'yinmagan rejim uchun $I_E = f(U_{BE})$ bog'lanish.

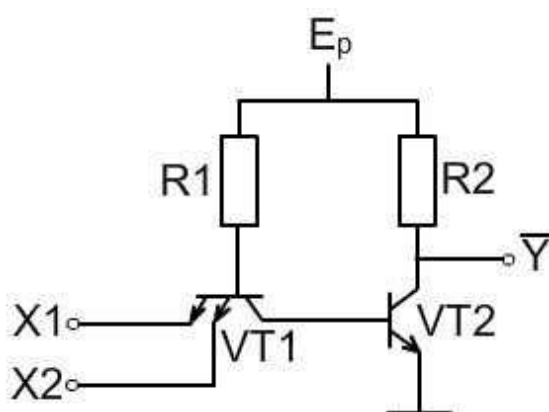


Рис. 1.2–rasm. TTM asosidagi “2 HAM–EMAS” sxemasi.

Amaliyotda to'yinmagan TTM mantiqiy sxemalar keng qo'llanilmoqda. Ko'p emitterli tranzistorlarning TTM sxemasi (2 HAM–EMAS) 1.2–rasmda

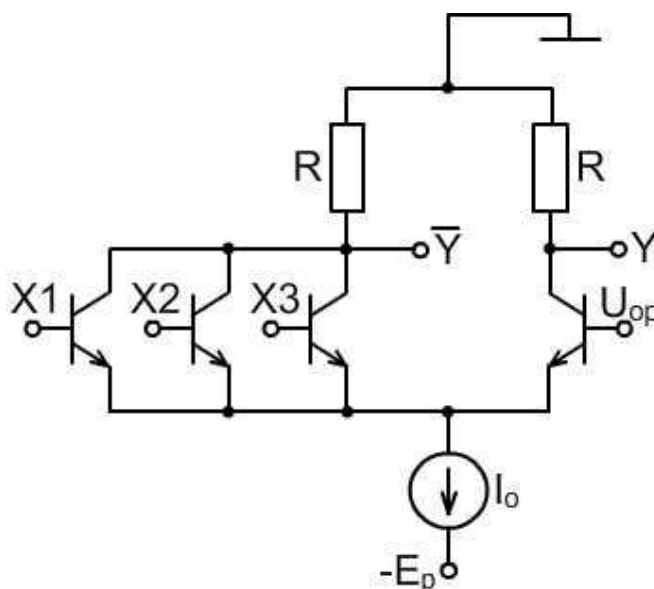
keltirilgan. Ko'p kirishga ega bo'lgan mantiqiy HAM–EMAS ko'p emitterli strukturani qo'llash yuzadan unumli foydalanishga yaxshi imkon beradi. Bu esa ushbu strukturaning o'ziga xos ajralib turuvchi xususiyatlaridan biridir.

Shotki diodli TTM sxemalar shunday sxemalarki, TTM strukturadagi (to'yintirilgan mantiq) har bir tranzistorga tarkibida Shotki diodi bo'lgan tayanch zanjir ulangan.

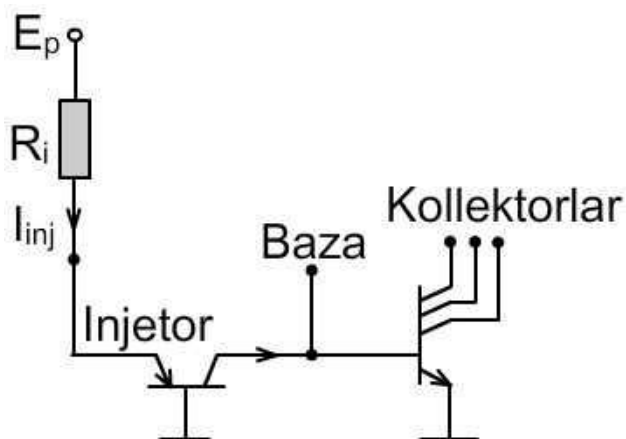
Ma'lumki, bipolyar tranzistorlarning to'yingan holatda ishlashlari uchun p–n o'tishdagi kuchlanishdan kichik bo'lgan U_{op} tartibidagi kollektor–baza o'tishiga to'g'ridan–to'g'ri o'tuvchi kuchlanish qo'yilgan bo'lishi kerak. Shuning uchun tranzistor Shotki diodli zanjir orqali to'yingan rejimga o'tguniga qadar to'yinish imkonini cheklovchi tok o'tish holatiga o'tadi. Shuning uchun TTMSH sxemalar TTM ga qaraganda yanada yuqoriroq tezlikka ega bo'ladi.

EBM sxemalar to'yinmagan mantiqiy sxemalar sinfiga mansubdir. Bu sxemalar bipolyar tranzistorlarning emitter tokini cheklagan holda kollektor zanjiriga ulangan yuklama ta'sirida kuchlanishning pasayib ketishini oldini oladi, shu bilan birga to'yinish effektini cheklaydi. Bunda kollektor–baza o'tishiga to'g'ridan–to'g'ri siljish beriladi. 1.3–rasmda EBM asosida yasalgan bazaviy sxema ko'rsatilgan. EBM sxemalar, shuningdek, tokni uzib–ulovchi sxemalar ham deyiladi.

To'yingan mantiqiy sxemalar sinfiga kiruvchi I^2M sxemalar integratsiya darajasining yuqoriligi, tarkibiy qismining oddiyligi va kam quvvat iste'mol qilishi sababidan amaliyotda keng qo'llanilmoqda. 1.4–rasmda I^2M ning ekvivalent sxemasi keltirilgan.

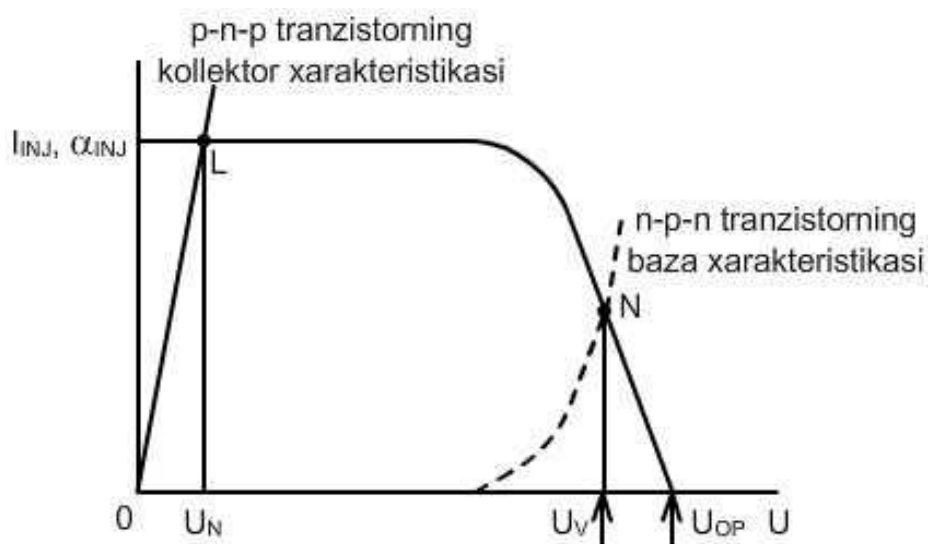


1.3–rasm. EBM asosidagi sxema.



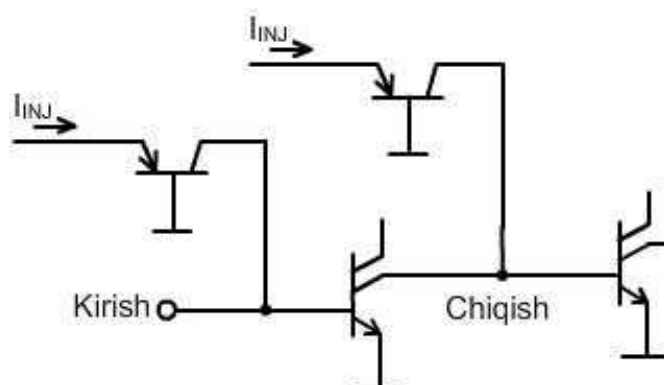
1.4–rasm. Yarim o`tkazgichli I^2M ning ekvivalent sxemasi.

Shunga ahamiyat berish lozimki, sxema strukturasi emitter vazifasini injector bajaradigan gorizontall p–n–p tranzistorning kollektor sohasi va vertikal n–p–n tranzistorning baza sohalari bir–biriga qo`shilib ketgan. Shu sababli transistor joylashishining bunday strukturasi sohalari o`zaro qo`shilgan integral strukturalar sinfiga mansubdir. Yuqorida qayd etilganlarga ko`ra u BIS texnologiyasi ichiga kiradi. Ko`p kollektorli n–p–n tranzistorlar texnologiyasining rivojlanganligi sababli ular integratsiya darajasining o`sganlik tendensiyasiga javob beradi. 1.5–rasmda yarim o`tkazgichli I^2M sxemalarning ishchi xarakteristikalar keltirilgan.



1.5–rasm. I^2M sxemaning xarakteristikalari.

1.6–rasmda I^2M asosidagi invertor sxemasi keltirilgan. Bipolyar strukturali BIS ning asosiy xususiyatlar shundaki, ularning tarkibiga ba’zi–bir yarim o’tkazgichli maxsus elementlar, masalan, ko’p emittarli tranzistorlar kiradi. Shuningdek, BIS elektr sxemalariga mos ravishda alohida ajratilgan sohalarga joylashtiriladigan elementlar ham kiradi. Shuning uchun ham bipolyar tranzistorlar asosidagi BIS larni oddiy elektr sxema sifatida tahlil qilish mumkin.



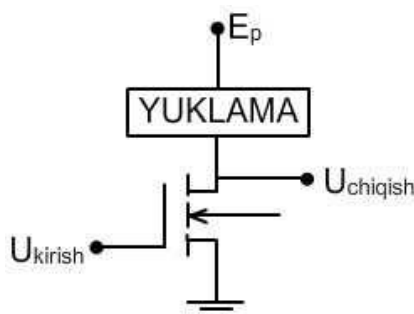
1.6–rasm. I^2M strukturali invertor.

1.2. Radiotexnik qurilmalarning MDYa tranzistorlar asosidagi raqamli sxemalari

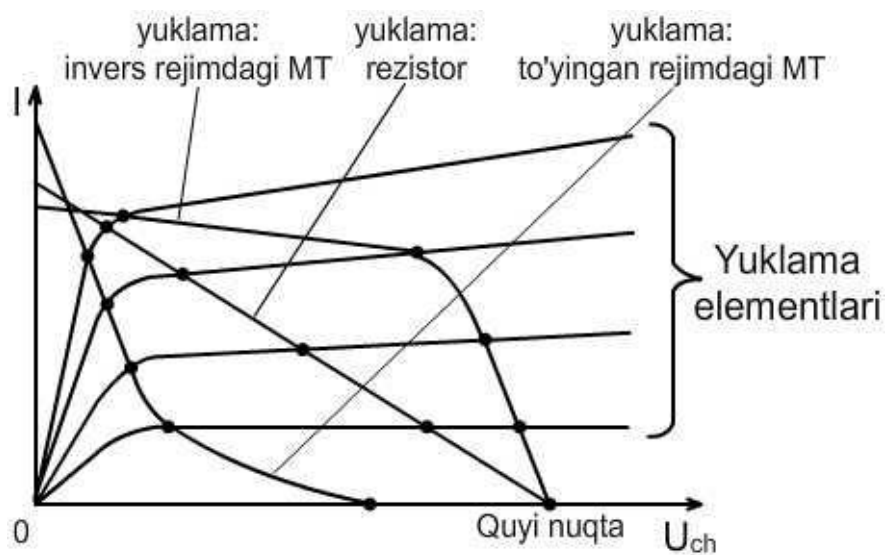
Agar n–p–n strukturali bipolyar tranzistorlarning ishlash jarayoni ikki turdagi elektr tashuvchilar (elektronlar–asosiy tashuvchilar, kavaklar–asosiy boʻlmagan tashuvchilar) hisobiga boʻlsa, maydonish tranzistorlarning ishlashi faqat bir turdagi elektr tashuvchilar hisobiga boʻladi (asosiy tashuvchilar). Bipolyar integral sxemalarda asosan zatvori izolyatsiyalangan maydoniy tranzistorlar keng qoʻllaniladi.

Invertor – bu elektron sxema boʻlib, mantiqiy inkor amalini bajarishda ishlatiladi. Invertor faqatgina mantiqiy inkor funksiyasini bajaribgina qolmay, balki u kuchaytirgich vazifasini ham bajaradi. Xususan, zaif elektr signallarini kuchaytirishda ishlatiladi.

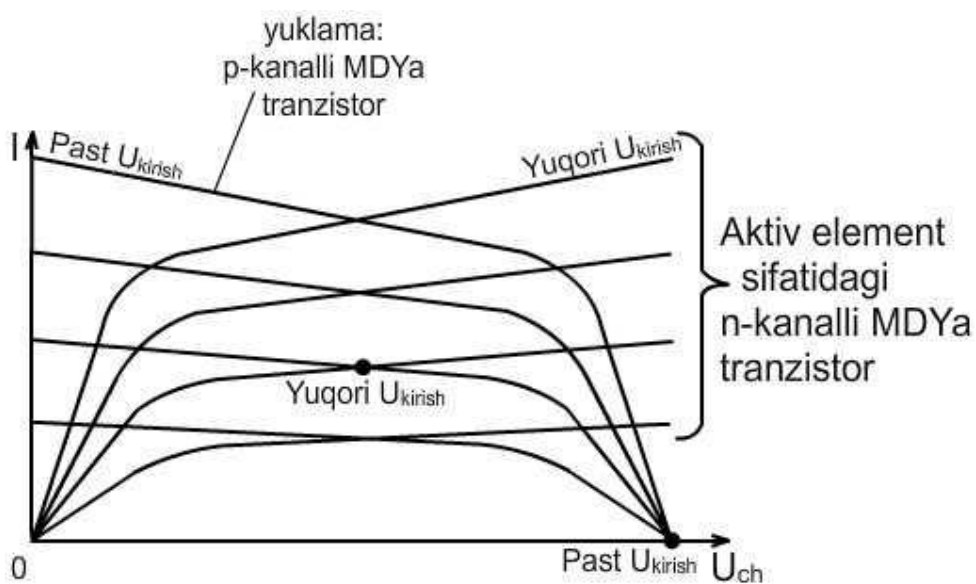
MDYa – invertorning bazaviy sxemasi 1.7–rasmda koʻrsatilgan. Invertorni ishga tushuruvchi (uygʻotuvchi) element sifatida n–kanalli MDYa tranzistor ishlatilgan. 1.8–rasmda oʻzgarmas tok holatida passiv yuklamalar va uygʻotuvchi elementlar (MDYa tranzistorlar) ning xarakteristikalarini keltirilgan. 1.9–rasmda oʻzgarmas tok holatida aktiv yuklama elementlari (p–kanalli MDYa tranzistor) va boshqaruvchi elementlarning (n–kanalli MDYa tranzistor) xarakteristikalarini keltirilgan.



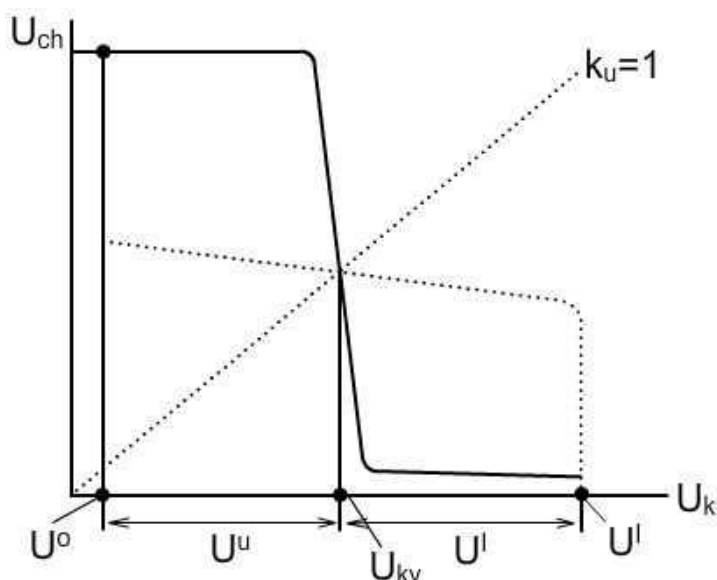
1.7–rasm. Invertorning bazaviy sxemasi.



1.8–rasm. O`zgarmas tokda chiziqli va nochiziqli yuklamali tranzistorlarning chiqish xarakteristikalari.



1.9–rasm. KMDYa tranzistorning chiqish xarakteristikalari.



1.10–rasm. O`zgarmas tokda ishlovchi invertorning uzatish xarakteristikasi.

Ulanadigan yuklamasiga qarab bunday sinfga mansub sxemalarning ba'zi bir farqlari bo'lsada, statik holatda ularning uzatish xarakteristikalari bir xilda, 1.10–rasmda ko'rsatilgani kabi bo'ladi. Invertorning uzatish xarakteristikasi ko'rinishini aniqlab beruvchi asosiy kattaliklar quyidagilar: U_{KV} –kvantlash kuchlanishi, U^1 –mantiqiy birga mos keluvchi kuchlanish, U^0 –mantiqiy nolga mos keluvchi kuchlanish. Bu kattaliklarning qiymatini invertorga ulangan yuklama yoki boshqaruvchi elementlarning volt–amper xarakteristikalarini o'zaro bog'lovchi tenglamalarni yechish yo'li bilan analitik usulda aniqlash mumkin. Yetarlicha murakkab bo'lgan xarakteristikalardan foydalanilganda hisob–kitoblarni analitik usulda amalga oshirishda ko'pgina qiyinchiliklar yuzaga keladi. Bunday matematik qiyinchilik va noqulayliklarni yengish uchun turli elektr jarayonlarini modellashtirish mumkin bo'lgan electron dasturdan foydalanib, kattaliklarning qiymatlarini osongina aniqlash mumkin bo'ladi.

MDYa asosida yasalgan bazaviy sxemalarning o'zaro ko'pgina kombinatsiyalaridan ko'pgina funksiyalarni bajara oladigan qurilmalarni real sharoitda yasash mumkin hisoblanadi.

Bugungi kunga kelib stok–istok sohali diodlar bilan kristallda integratsiyalashgan 20–600 V li keng kuchlanish diapazonida ishlay oladigan, yuqori quvvatli n–tipdagi tranzistorlar ishlab chiqilgan. Aslida ular tranzistor emas, balki 5000 tadan 20000 tagacha bir xil tipdagi bo`laklarni o`z ichiga olgan juda murakkab integral sxema hisoblanadi. Bu bo`lakchalar (yacheykalar) bir xil strukturaga ega va ular asbob kristallida o`zaro parallel ulanadi.

Bo`lakchalarning bunday joylshitirishi ochiq holatda stok–istok qarshiligi juda kam bo`ladi. Shuningdek, stok zanjirida o`zgarmas tok hosil bo`ladi va asboblarning xarakteristikalarining yuqori darajadagi bir xilligi ta`minlanadi.

Tranzistorlar yuqori quvvatli elektron kalit hisoblanadi va ular quyidagilarda foydalaniladi:

- Ikkilamchi iste`mol manbalarida;
- Ketma–ket impulslar bilan boshqariladigan stabilizator, sozlovchi yoki o`zgartirgichlarda;
- Radioelektron qurilmaning iste`mol bloklarida;
- Elektrodvigatellarni boshqarish sxemalarida va hokazo.

Barcha tranzistorlar quyidagilar bilan tavsiflanadi:

- Ochiq holatda juda kichik stok–istok qarshiligiga egaligi;
- Tranzistorlarning parallel ulanishi mumkinligi;
- Yopiq holatda stok–istokning juda kam teshilish tokka egaligi;

Tranzistorlarning ishini temperaturasi -40°C dan $+125^{\circ}\text{C}$ gacha bo`lib, eng past chegaraviy harorat -65°C hisoblanadi.

Tranzistorlar nazaryisaga oid juda ko`plab ma`lumotlar yig`ilgan, ilmiy izlanishlar olib borilgan, ularning natijalari doimiy ravishda adabiyotlarda, monografiya va o`quv qo`llanmalarida chop etilgan. Shunday bo`lsada, tranzistorlarning, xususan, maydoniy tranzistorlarning statik xarakteristikalari va parametrlarining bir nechta o`ziga xos xususiyatlari va ba`zi muhim jihatlarni to`lig`icha tushuntiri bo`lmayapti. Bundan tashqari, bu xarakteristika va parametrlarni elektron qurilmada tranzistor haqiqatda ega bo`ladigan real holatga

keltirish juda qiyin. Shunga qaramay, IMS larni loyihalash va hisoblash uchun IMS ning aktiv elementlari, ya'ni tranzistorlarning xarakteristikalarini olinadi.

Yarim o'tkazgichli integral mikrosxemalar bo'yicha to'plangan ma'lumot va bilimlarni quyidagicha tartiblash mumkin: sxemotexnika, integral sxemalar texnologiyasi va integral sxemalarni tizimli joylashtirish. Sanab o'tilgan har bir bo'lim o'zining uslub va vositalari bilan xarakterlanadigan nazariy asoslarga ega. Integral sxemalarni yasash texnologiyasi shundan iboratki, sxemotexnik yechimlar va tayyor elektron sxemalar yarim o'tkazgich kristallida yig'iladi. Sxemalarni tizimli joylashtirish masalasi esa aniq bir mikroelektron apparaturani yasash uchun sxemotexnik va konstruktiv–texnologik yechimlardan optimal ravishda foydalanishda aks etadi.

Axborotlarni shakllantirish, uzatish, qabul qilish, qayta ishlash va saqlash, texnik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish vazifalarini bajaruvchi zamonaviy mikroelektron apparatlarda universal va maxsus IMS lar qo'llaniladi.

Universallashtirishga erishishning birinchi usuli quyidagicha: shunday mikrosxemalar yasaladiki, bunda ular bajaradigan funksiya yoki amallar tashqi qurilma, masalan, protsessor yordamida dasturlashtirilgan signallar orqali mikrosxemaning kirishiga beriladi. Bu usulda bitta mikrosxema dasturli signallar yordamida ko'pgina amallarni bajarishi mumkin. Ikkinchi usulda esa mikrosxemalar bazaviy matritsa kristalli asosida yasaladi. Bunda matritsa elementlari o'zaro tutashmagan, ya'ni kommutatsiyalanmagan boladi. Mikrosxemaning vazifasini belgilab beruvchi elektr bog'lanishlar esa ma'lum ajratish bosqichlarida amalga oshiriladi.

Ushbu ishning keyingi boblarida kremniyli tranzistorlar asosida radiotexnik qurilmalarni sintez qilishning ko'pgina yangi usul–prinsiplariga tayaniladi.

1.3. Nanoelektron elementar bazaga asoslangan radiotexnik qurilmalarning rivojlanish istiqboli

Shu kungacha mikroelektronikaning taraqqiyoti – mikrosxemalarning funksional murakkabligi va tezligining ortishi ularni tashkil qilgan elementlarning ishlash prinsiplarini o'zgartimasdan, faqatgina o'lchmlarini kichraytirish (masshtabli kichraytirish) hisobigagina amalga oshirilgan edi. Nano o'lchamlarga o'tilganda mutlaqo yangi holat vujudga keladi. Bunda elektronlarning to'lqin xossalari ko'proq namoyon bo'ladi, aniqroq aytadigan bo'lsak, kvanto–mexanik effektlar kuzatiladi (o'lchamli kvantlanish, tunnellashish, interferensiya va boshqalar).Soddaroq tushuntiradigan bo'lsak, bir tomondan, kvant effektlari masshtabli kichraytirishning imkoniyatlarini cheklab qo'yadi, boshqa tomondan esa bu kvant effektlari axborotlarni qayta ishlashda yangi funksional elementlarni ishlab chiqish imkoniyatini beradi.

Ma'lum bo'lmoqdaki, litografiya va o'yish usuliga asoslangan an'anaviy kremniyli texnologiya nano obyektlarga tegishli bo'lgan talablarni bajara olmaydi. Bu yerda birinchi navbatda nanostrukturalar va nanostrukturali materiallar lg'a surilmoqda. Aslida ular sun'iy materiallar hisoblanib, talab qilinayotgan zonali struktura moddalarni tanlash orqali ta'minlnadi. Bu moddalardan alohida qatlamlar tayyorlanadi ("zona muhandisligi"), qatlamlar aro aloqaning o'zgarishi ("to'lqin funksiyalari muhandisligi") orqali qatlamlarning qalinligi ("o'lchamli kvantlashtirish") aniqlanadi. Yarimo'tkazgichli nanostrukturalarga bunday yondashuv hozirdanoq sanoat asboblarni ishlab chiqish imkonini berdi. Ularga infraqizil diapazonli uzoq va yaqin masofada ishlovchi lazerlar, foto qabul qilgichlar, elektronlari ko'plab ko'cha oladigan yuqori chastotali tranzistorlar, bir elektronli tranzistorlar, har xil turdagi sensorlar. Yuqorida aytib o'tilgan yarimo'tkazgichli nanostrukturalar bilan birga, muqobil yarim o'tkazgichli nanomateriallarga ko'proq e'tibor qaratilmoqda. Bular:

- Magnitli nanostrukturalar;
- Molekulyar nanostrukturalar;

- Fotonli kristallar;
- Fulleren tipidagi materiallar;
- Konstruktion nanomateriallar.

Nanomateriallar yuqori mustahkamlik va egiluvchanlikka ega boʻlgan, haoratga va zanglashga chidamli, yonmaydigan yangi konstruktiv materiallarni ishlab chiqish imkoniyatini bermoqda. Bunday materiallar maxsus joy va maxsus shart–sharoitlarda ishlay oladigan mikro va nanorobotlarni yasashda kerak boʻladi.

Fan–texnikaning turli xil sohalarida nanotexnologiyaning oldida amalga oshishi turli darajalarda boʻlgan koʻpgina maqsad, vazifa va muammolar turibdi. Zamonaviy integral mikrosxemalarga hozirdanoq nanometrli oʻlchamdagi elementlar joylashtirilmoqda. Masalan, MDYa tranzistorlar zatvorlarining ostidagi dielektrik qatlamning qalinligi 5–10 nm ga yetdi. Yaqin kelajakda integral mikrosxemalarning lateral oʻlchamlari 100 nm dan ham kichrayishi kutilmoqda. Biotizimda tabiat koʻp million yillar davomida oʻzgarib borgan singari, nanotexnologiyaning rivojlanish choʻqqisi organik va noorganik moddalarni yigʻishni kimyoviy usulda olish usullarini ishlab chiqish hisoblanadi. Hozirdanoq nanotexnologlar yoki tirik organizmlarning struktura prinsiplarini turli bogʻlanishlarda qoʻllamoqdalar, yoki turli maqsadlar yoʻlida biotizimning oʻzidan foydalanmoqdalar. Nanotexnologiyaning asosiy maqsadi nanoasboblarni ishlab chiqish boʻlsada, olimlar unga turlicha yondashadilar. Bu oʻrinda ikki asoiy prisip: “yuqoridan pastga” va “pastdan yuqoriga” ekanligi aniqlandi.

“Yuqoridan pastga” prinsipi – bu anʼanaviy mikroelektron sxema va mikro elektro–mexanik moslamalarning oʻlchamlarini nano oʻlchovlamlargacha kichiklashtirishdir (miniatyurizatsiya). ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors 2002 Update) ning maʼlumotlariga koʻra, 2020 yilga kelib nanostrukturalarga anʼanaviy yondashish kelajakda 10 nm gacha kichraytirish imkonini beradi (1.1–jadval).

ITRS ning kelajak tahminlari

Yil	2001	2004	2007	2010	2013	2016
Oʻlcham, nm	130	90	65	45	32	23

“Pastdan yuqoriga” prinsipi – bu nanoasbob va nanoqurilmalarni molekula yoki atom darajasidan yasashdir. Birinchi prinsipning asosiy kamchiligi shundaki, subnanometr oʻlchamdagi qurilmalarni yasashning bundan keying tannarxi qimmatlashib boraveradi. 2020–yilga borib esa bugungi kun texnologiyalari bilan koʻrsatilgan diapazondagi oʻlchamli qurilmalarni yasash imkonsiz boʻlib qoladi. Ikkinchi prinsipning asosiy kamchiligi esa shundaki, atom va molekular yordamida boshqariladigan kerakli komponentlar va quruvchi bloklarni yasash, hamda nanoasboblarni seriyali ishlab chiqarish hozirgi kun sanoatining ilojisizligi hisoblanadi. Boʻlishi mumkin–ki, keltirib oʻtilgan ikkita prinsip orasidagi muvozanat nuqtasi topilsa, ijobiy natijalarga erishish mumkin.

Bugungi kunda buy oʻnalishlar rivojlanishning turli bosqichlarida hisoblanadi. Yuqori energiyali nurlanishlarda ishlatiladigan litografik metodlar hozirgi kunda 50 nm gacha boʻlgan oʻlchamlarni taʼminlay olmoqda, kelajakda esa bu oʻlcham 10–20 nm gacha ham yetishi mumkin. Bunga erishish uchun esa bugungi kunda shtamp–shablonlari tayyorlanish bosqichida boʻlgan “nanoimprinting” metodlari rivjlanishi kerak. Bundan tashqari, imprinting nanostruktura topologiyalarini shakllantirishda ham bevosita qoʻllaniladi. Bunday metodlar nanometr oʻlchamidagi aniq pozitsiyalash tizimining rivojlanishini talab etadi.

Bugungi kunda baʼzi MDH mamlakatlarida, xususan Rossiya va boshqa xorij mamlakatlarida skanirlovchi zondli mikroskoplar yordamida nanostruktura va nanoasboblarni ishlab chiqish (zondli nanolitografiya) metodlari bir xil tempda rivojlanmoqda. Alohida atomlarni manipulyatsiyalash va boshqarishning chegaraviy qiymatlariga erishildi, lekin ishlab chiqarish hali–hamin quyi darajada bormoqda. Yana shu narsa maʼlumki, katta yuzada tartibga solingan

nanostukturalar massivlarini yasash usullari ham mavjuddir. Bu usullar colloid aralashmali nanozarrachalar va elektrokimyoviy usullar yordamida amalga oshiriladi. Bu usullarning ham kamchiliklari mavjud bo'lib, ulardan asosiysi katta yuzalarda ideal darajada tartibli strukturalarni hosil qilib bo'lmaydi. Qoidaga binoan, tartiblashtirilgan sohalarning yuzalari bir necha mikrometrdan oshmaydi.

Nanotexnologiya taraqqiyotining eng yuqori bosqichi bo'lib nanostukturalarni va alohida atom va moleualalarni yasash hisoblanadi. Qattiq holatdagi nanostukturalarni yashashning bu jarayonlarining asosiy prinsiplari 1960–yillarda ishlab chiqilgan bo'lib, bu metod “molekulyar qatlamlashtirish” deb nomlangan. Yarimo'tkazgichlarni epitaksial o'stirish asosida kvant–o'lchamli strukturalarni va yuqori vakuum sharoitida molekulyar bog'lamlarni hosil qilishda ma'lum darajadagi yutuqlarga erishilgan. Uglerodli nanostukturalarni olish usullari qayta ishlab chiqilganda keyin nanostukturalarni yasash sohasida mutlaqo yangi imkoniyatlar yuzaga keldi (fullerenlar va uglerodli nanonaychalar). Ammo yuqorida sanab o'tilgan barcha metodlarning umumiy bitta kamchiligi mavjud: fazoda nanostukturalarning joylashuvi juda yomon boshqariladi. Bu esa qatlamlarning yoki xaotik tarzda joylashgan klaster massivlarinin hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Shuning bu usullar faqatgina mikrostrukturali asboblarda qo'llanilmoqda. Shuningdek, ular bitta umumiy xususiyatga ega: nanostukturali obyektlarning yuzaga kelishi funksional qatlamli guruhlar yoki qatlam sohalari bilan stimullanadi. Fazoda taqsimlanishni boshqarish izolyatsiyalangan nanokristallar majmuini hosil qilish imkonini beradi. Bu sohadagi taraqqiyotning cho'qqisiga 2015–yildan so'nggina erishish mumkin.

Odatdagi KMDYa asosidagi electron qurilmalarga muqobil ravishda rezonans–tunnel diodlari va tranzistorlari (RTD), bir elektronli tranzistorlar (SET), yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan asboblari (RSFQ Logic) va molekulyar nano–elektronika ko'rilmoqda. RSFQ texnologiya–bu yuqorida aytib o'tilgan muqobil asboblari ichida o'ta yuqori tezlikka (gigagersdan yuqori) ega bo'lgan yagona electron qurilmadir. Lekin, sovitish sistemasining tannarxi va o'lchamlari

bilan bog'liq muammolar bunday asboblarning keng tarqalishiga va ishlab chiqarilishiga to'sqinlik qiladi.

Molekulyar nanoelektron qurilmalarning asosini alohida molekulalar yoki molekulyar klasterlar tashkil etadi. Nazariy baholashlar shuni ko'rsatadiki, molekulyar elektron qurilmalar joylashtiriladigan elementlarning zichligi va beriladigan quvvatning miqdoriga ko'ra o'zining kremniyli analogini ortda qoldiradi, lekin tezlik bo'lyicha ortda qoladi. Afsuski, bugunda jiddiy baholashlar uchun olingan tajriba natijalari juda ham kamdir.

Bir elektronli tranzistorlar tadqiqodchilarning e'tiborini tortayotgan bo'lsa-da, yuqori integratsiyalangan sxemalarda KMDYa–elementlariga raqobat ko'rsata olmaydi. Chunki maxsus arxitektura asosida elementlarning parametrlari 77 K (-196°C) haroratda beriladi, bu esa hozircha ilojisizdir. Hozirgi kunda bunday asboblarda juda yaxshi sensor vazifasini bajara olyapti.

Rezonans–tunnelli va geterostrukturali qurilmalar allaqachon o'ta yuqori tezlikda ishlaydigan ulagichlarda, aralashtirgichlarda, analog–raqamli o'zgartirgichlarda (ARO) va raqamli–analog o'zgartirgichlarda (RAO) qo'llanila boshlagan.

So'nggi bir necha yillarda uglerodli nanonaychalarda avtoemission xususiyatlariga ko'ra qo'llaniladigan vakuumli nanoelektronikaga katta e'tibor berildi. Boshida vakuumli nanoelektronikaning yupqa ekranlarda qo'llanilishiga diqqat qaratildi, lekin uning hozirda vakuumli lampalarning analogi sifatida ishlaydigan nanoasboblarda qo'llanilishi mumkinligi haqida ham turli fikrlar bildirilmoqda. Bunda yuqori integratsiyalashuvni ta'minlab beruvchi planar konstruksiya ishlab chiqilgan. Baholashlar va analizlar ko'rsatmoqdagi, 20 nm o'lcham bo'yicha loyihalashtirishda elementlarning zichligi xotira qurilmalarida 10 sm^2 yuzaga 10^{11} ta element to'g'ri keladi. Yuqori tezlik (gigagers o'lchamda), 300°C dan yuqori haroratlarda ham ishlay olish qobiliyati va chidamlilik bunday qurilmalardan foydalanish uchun keng yo'l ochib bardir.

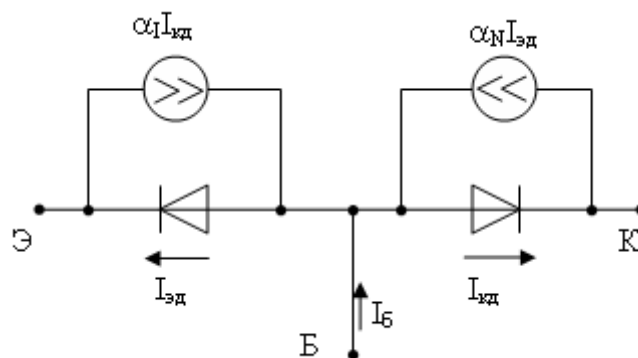
2 BOB

KOMPLIMENTAR BIPOLYAR TRANZISTORLARDA PAST KUCHLANISHLI RAQAMLI SXEMALARNI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

2.1. Bipolyar tranzistorlarda elektron kalitlarni matematik modellashtirish

X va Y orasidagi bog`lanishlarni topish uchun VT1 va VT2 tranzistorlarning kollektor toklarini tenglashtirish va hosil bo`lgan tenglamani ishlab, uzatish xarakteristikalarining nuqtalarini topish lozim.

Model sifatida bipolyar tranzistorning Ebers–Moll modelini olamiz.



1–rasm. Bipolyar tranzistorning Ebers–Moll modeli.

$$I_E = I_{ED} - \alpha_I I_{KD} , \quad I_K = \alpha_N I_{ED} - I_{KD} , \quad I_E = I_K + I_B$$

I_K va I_E toklari quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{ED} = I_{Eo} \left(e^{b_E U_{EB}} - 1 \right)$$

$$I_{KD} = I_{Ko} \left(e^{b_K U_{KB}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

I_{KD} va I_{ED} ifodalarini tenglamaga qo'yib, I_{KI} ifodani topamiz:

$$I_{K1} = \alpha_{N1} I_{ED} - I_{KD} = \alpha_{N1} \cdot I_{E01} (e^{b_{E1} U_{EB1}} - 1) - I_{K01} (e^{b_{K1} U_{KB1}} - 1)$$

$B_{KI} U_{KBI}$ ifoda manfiy qiymatga ega bo'lsada, uni $(e^{b_{K1} U_{KB1}} - 1) = -1$ uchun qo'llash mumkin.

Bunda I_{KI} tok uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_{K1} = \alpha_{N1} \cdot I_{E01} (e^{b_{E1} U_{EB1}} - 1) + I_{K01} \quad (2.2)$$

VT2 tranzistor uchun I_{K2} kollektor toki

$$I_{K2} = \alpha_{N2} \cdot I_{E02} (e^{b_{E2} U_{EB2}} - 1) - I_{K02} (e^{b_{K2} U_{KB2}} - 1)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Kuchlanish $U_{EB2} = E_P - U_{EB1} = E_P - X$ bo'lganida quyidagi ifodani hosil qilmiz:

$$I_{K2} = \alpha_{N2} \cdot I_{E02} (e^{b_{E2} (E_P - X)} - 1) - I_{K02} (e^{b_{K2} U_{KB2}} - 1) \quad (2.3)$$

(2.2) va (2.3) ifodalarni o'zaro tenglashtirib ($I_{K1} = I_{K2}$) hamda $U_{EB1} = X$ almashtirish qilib:

$$\alpha_{N1} \cdot I_{E01} (e^{b_{E1} X} - 1) + I_{K01} = \alpha_{N2} \cdot I_{E02} (e^{b_{E2} (E_P - X)} - 1) - I_{K02} (e^{b_{K2} U_{KB2}} - 1)$$

ni hosil qilamiz.

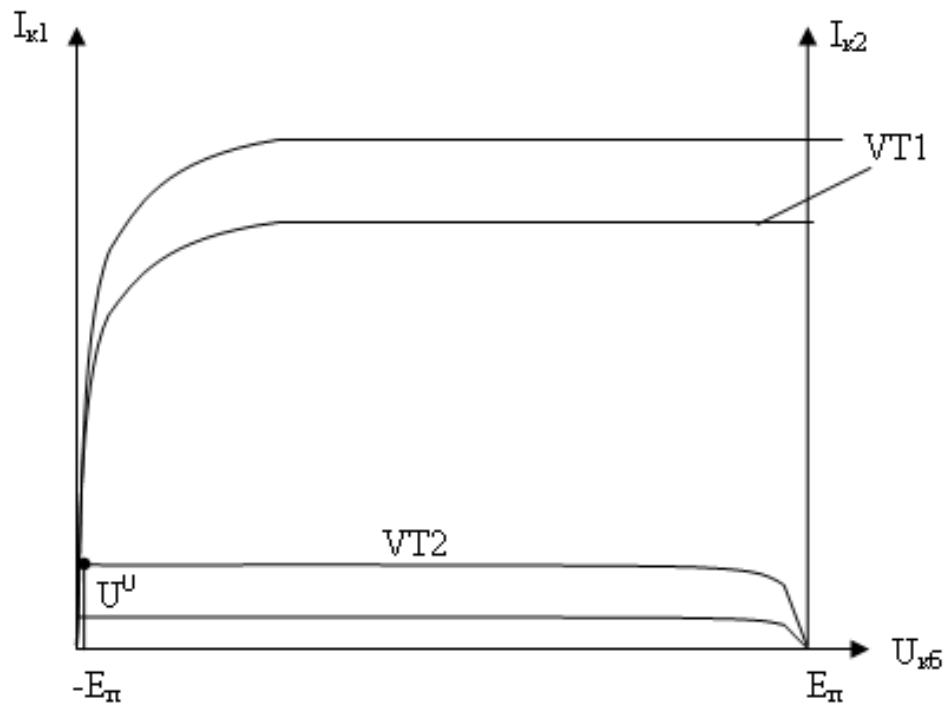
Buning yordamida U_{KB2} kuchlanishning qiymatini aniqlovchi

$$U_{KB2} = \frac{1}{b_{K2}} \left[\ln \left(\frac{\alpha_{N2} \cdot I_{E02} (e^{b_{E2}(E_p - X)} - 1) - \alpha_{N1} \cdot I_{E01} (e^{b_{E1}X} - 1) - I_{K01}}{I_{K02}} + 1 \right) \right] \quad (2.4)$$

ifodani hosil qilmiz. Aniqlangan U_{KB2} qiymatni $Y = X + U_{KB2}$ ga qo'yib, X ning Y ga bog'liqligini topamiz.

KBT ning 2–chi uzatish xarakteristikasi uchun $E_p/2$ dan E_p gacha (mantiqiy 1) oraliqdagi X ning qiymatlariga mos keluvchi Y ning qiymatlarini hisoblaymiz.

Bu holatda VT1 tranzistor aktiv (ochiq) rejimda, VT2 tranzistor esa berk (uzilgan holatda) rejimda ishlaydi. VT1 va VT2 tranzistorlar uchun I_K kolektor tokining U_{KB} (chiqish xarakteristikalari) bog'liqligi quyidagi rasmda ko'rsatilgan:



2–rasm. VT1 va VT2 tranzistorlarning chiqish xarakteristikalari.

X va Y ning o'zaro bog'liqligini aniqlash uchun VT1 va VT2 tranzistorlarning emitter toklarini tenglashtirish kerak va hosil qilingan tenglamani yechib, uzatish xarakteristikasi nuqtalarini topish kerak.

Yuqorida ko`rsatilganidek, bipolyar tranzistorlarning Ebers–Moll modeliga ko`ra toklarning qiymati

$$I_E = I_{ED} - \alpha_I I_{KD}, \quad I_K = \alpha_N I_{ED} - I_{KD}, \quad I_E = I_K + I_B$$

orqali topiladi.

I_K va I_E toklar

$$I_{ED} = I_{E0}(e^{b_E U_{EB}} - 1)$$

$$I_{KD} = I_{K0}(e^{b_K U_{KB}} - 1)$$

ifodalar yordamida topiladi.

I_{KD} va I_{ED} uchun ifodalarning o`rniga mos hadlarni qo`yib chiqib, VT1 tranzistorning I_{E1} emitter toki uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} I_{E1} &= I_{ED1} - \alpha_{I1} I_{KD1} = I_{E01}(e^{b_{E1} U_{EB1}} - 1) - \alpha_{I1} \cdot I_{K01}(e^{b_{K1} U_{KB1}} - 1) \approx \\ &\approx I_{E01} \cdot e^{b_{E1} U_{EB1}} - \alpha_{I1} \cdot I_{K01} \cdot e^{b_{K1} U_{KB1}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

VT2 tranzistor uchun I_{E2} emitter toki

$$\begin{aligned} I_{E2} &= I_{E02}(e^{b_{E2} U_{EB2}} - 1) - \alpha_{I1} \cdot I_{K02}(e^{b_{K2} U_{KB2}} - 1) \approx \\ &\approx I_{E02} \cdot e^{b_{E2} U_{EB2}} = I_{E02} \cdot e^{b_{E2}(E_P - X)} \end{aligned} \quad (2.6)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

$U_{B2} = E_P - U_{EB1} = E_P - X$ bo`lgani uchun (2.5) va (2.6) ifodalarni o`zaro tenglashtirib, $I_{E1} = I_{E2}$ va $U_{EB1} = X$ almashtirishlarni bajarib:

$$I_{E01} \cdot e^{b_{E1}X} - \alpha_{I1} \cdot I_{K01} \cdot e^{b_{K1}U_{KB1}} = I_{E02} \cdot e^{b_{E2}(E_P - X)}$$

ni hosil qilamiz.

Bundan U_{KB1} kuchlanishning qiymatini aniqlovchi

$$U_{KB1} = \frac{1}{b_{K1}} \left[\ln \left(\frac{I_{E01} \cdot e^{b_{E1}X} - I_{E02} \cdot e^{b_{E2}(E_P - X)}}{\alpha_{I1} \cdot I_{K01}} \right) \right] \quad (2.7)$$

ifodani topamiz.

So`ngra, topilgan  $U_{KB1}$  ning qiymatining o`rniga q`oyib,  $X$  ning  $Y$  ga bog`liqligini aniqlaymiz:

$$Y = X - U_{KB1} \quad (2.8)$$

2.2. Bipolyar tranzistorlarda yasalgan elektron kalitlarni kompyuterda modellash

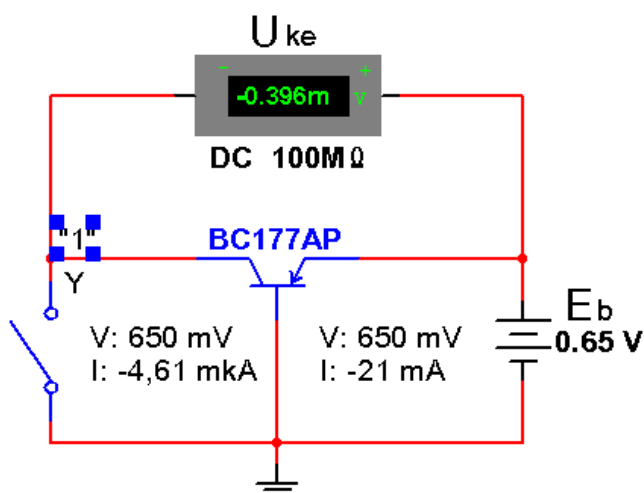
Ko`p qatlamli p–n strukturali yarimo`tkazgichlarda quyosh elementlaridagi foto–voltaik effektning injeksion–voltaik effekt bilan bog`liqligini nazariy jihatdan o`rganilib, kelgusida elektron moslamalarning yuqori va past kuchlanishli (to`yintiruvchi kuchlanish potentsiallarining kontakt farqlari kabi) elementar bazalarini ishlab chiqish mumkinligi aniqlandi. Shunga ko`ra, injeksion–voltaik rejimda ishlovchi bipolyar tranzistorlardagi toklarni o`zgartirib beruvchi elektron yacheyka (elektron kalit) larini, ya`ni, raqamli asosda ishlovchi elektron moslamalarni barpo etish mumkinligini sinab ko`rish masalasi tug`ildi. Bu, bipolyar tranzistorlarda qo`llaniladigan yarim o`tkazgichlardagi (masalan kremniy) kontakt potentsiallar farqining darajasini o`zgartirib ishlashga moslashgan raqamli sxemalarni aniqlab olishga imkon beradi. Zamonaviy raqamli qurilmalar uchun mantiqiy birning miqdorini 1 V gacha pasaytirish va ishlatilayotgan (iste`mol qilinayotgan) quvvatni (elektron sxemalarda bu quvvat issiqlik quvvati shaklida

ajrab chiqadi) kamaytirish hozirgi zamon texnikasining dolzarb masalasi hisoblanadi.

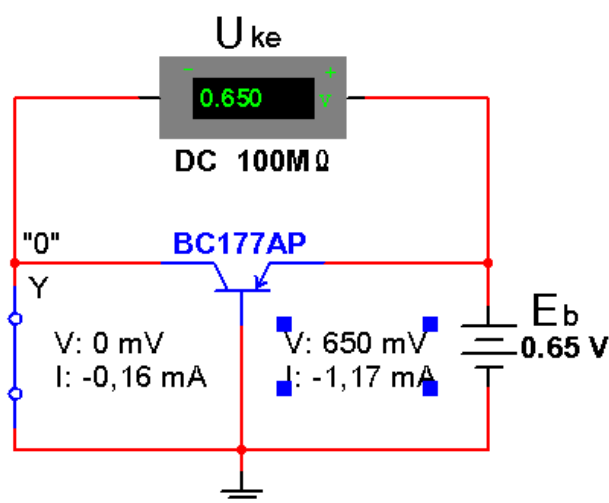
Ushbu ishda kam quvvatli kremniydan tayyorlangan bipolyar transistor BC107BP (n-p-n), BC177AB (p-n-p) va parametrlari ularga yaqin bo'lgan KT315 (n-p-n) va KT361 (p-n-p) tranzistorlardan foydalanilgan. Bipolyar tranzistorlarni injeksion-voltaik rejimda ishlashi modellashtirildi (National Instruments ilmiy kompaniyasining Multisim 10.0 dasturi asosida modellashtirilgan).

Modellashtirishning natijalari 2.5–2.7 rasmlarda keltirilgan.

a)



b)



2.5–rasm. Bipolyar tranzistorning injeksion–voltaik rejimi:

a) yuklamasiz (salt); b) qisqa tutashuv; c) yuklama holatidagi VAX.

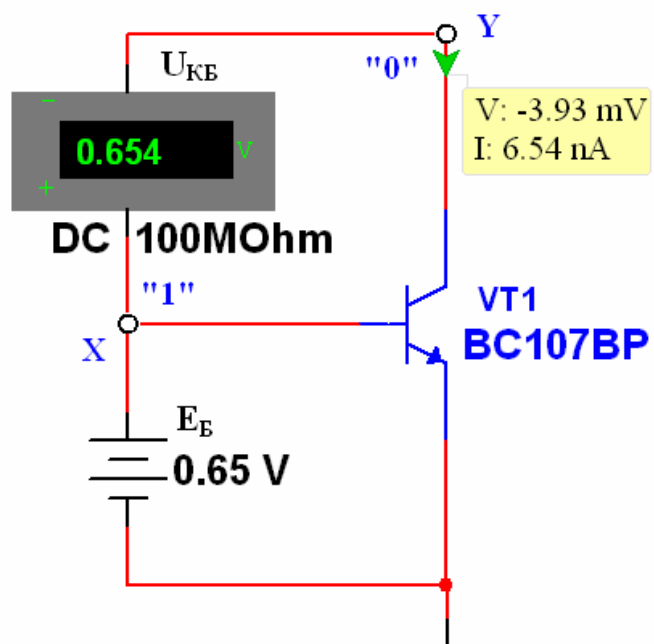
$E_b=0,65$ V bo'lgandagi injeksion voltaik rejimda ishlayotgan va umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning ikki xil holati 2.6–rasmning a va b holatlarida tasvirlangan:

- Kalit uzilgan (ajratilgan), $E_b=0,65$ V to'yintiruvchi kuchlanishni emitter o'tishga uzatish, kollektor o'tishda (Y nuqta) $U_{IB.EYuK}=650$ mV kuchlanish yuzaga keladi, bu esa o'z o'rnida yuqori darajaga (mantiqiy 1) ga mos keladi; $U_{KE}=-0,396$ mV kuchlanish past darajaga (mantiqiy 0) ga to'g'ri keladi. Tranzistorning ushbu holati 2,6 b–rasmda keltirilgan va ikkita birlashgan VAX ning A nuqtasiga to'g'ri keladi. Bunda 1–egri chiziq injeksion voltaik rejimda [$I_K=f(U_{KB})$] yuklamali BT ning VAX I hisoblanadi. 2–egri chiziq umumiy emitter sxemasida yig'ilgan BT ning chiqish xarakteristikasini ko'rsatadi.
- Kelitning berk holatida emitter o'tishga uzatilayotganida to'yinish kuchlanishi $E_B=0,65$ V, $U_{KB}=0$ kuchlanish past holatni ta'minlaydi (Y nuqta), kuchlanish mantiqiy 0 ga to'g'ri keladi; $U_{KE}=650$ mV kuchlanish yuqori holatga (mantiqiy 1) ga to'g'ri keladi. Tranzistorning bu holati VAX larning o'zaro kesishgan B nuqtasi bilan ko'ratilgan. 2.6 b–rasmda keltirilgan kalitlarni BT asosida, shuningdek, injeksion voltaik rejimda ishlaydigan elektron kalitlar bilan almashtirish mumkin. Electron kalitning sxemasi 2.6 a–rasmda ko'rsatilgan. Electron kalit baza–emitter o'tishga kuchlanish berish bilan boshqariladi (X kirish). Agar boshqaruvchi kuchlanish (0,65 V) mantiqiy kuchlanishga mos kelsa, electron kalit ochiq holatda bo'ladi (2.6 a–rasm). Injeksion voltaic EYuK kollektor–baza o'tishining yuklamasiz holatidagi kuchlanishga (–0,654) ga teng. Kollektor–emitter kuchlanishi (Y kalitning chiqishidagi kuchlanish) –3,93 mV ni tashkil qiladi va past holatga to'g'ri keladi (mantiqiy nol).

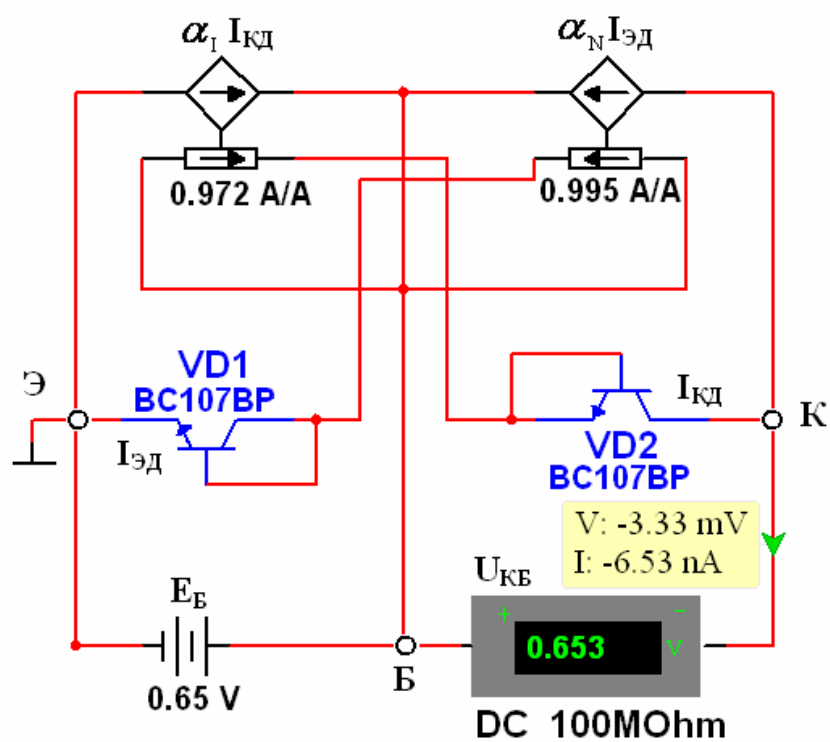
Injeksion voltaic EYuK [2] ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_{IV EYuK} = U_{EB} \left[(A_K / A_E) + (A_K kT / qU_{EB}) \ln(\alpha_N I_{E0} / I_{K0}) \right] [2.9]$$

a)



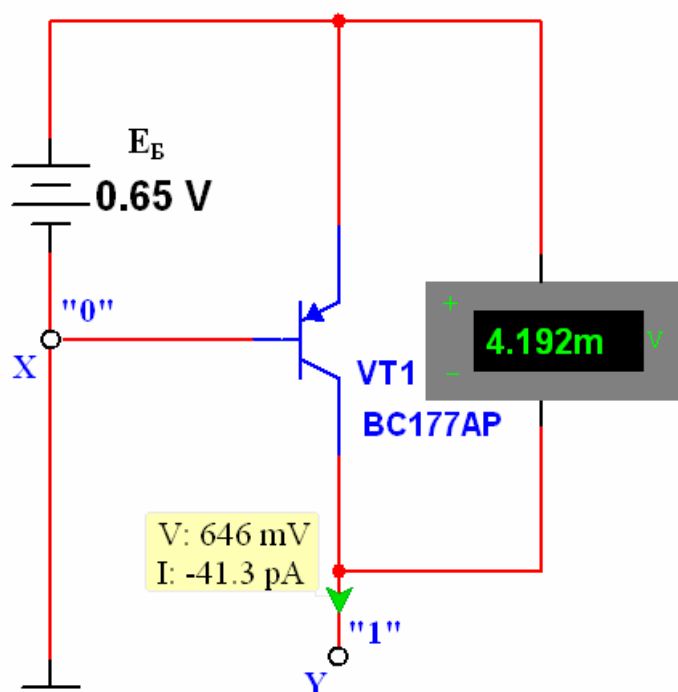
b)



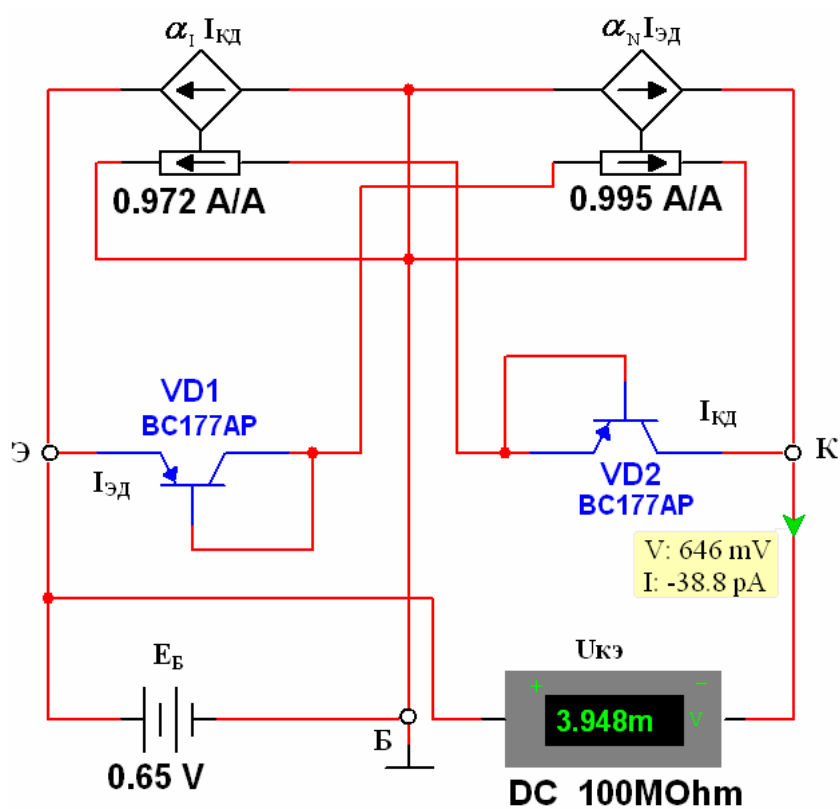
2.6–rasm. IVR dagi BT BC107BP n–p–n da yasalgan elektron kalit:

a) ochiq holati; b) Ebers–Moll modeli

a)



b)



2.7–rasm. Injeksion voltaic rejimdagi BT BC177AP p–n–p da yig`ilgan elektron kalit: a) ochiq holatda; b) Ebers–Moll modeli.

2.6 b va 2.7 b–rasmlarda Ebers–Moll modeliga asosan yuqoridagi formula bo'yicha imitatsiyani ko'rsatib beruvchi sxema keltirilgan. Bu nazariya electron kalitni modellashtirish natijalari bilan mos kelmoqda.

2.3. Dinamik yuklamali bipolyar tranzistorda yig'ilgan invertor.

Electron kalit asosida invertor yasash uchun (2.5) va (2.6 a) rasmlarni o'zaro birlashtiramiz. Bunda ikkala tranzistor IVR da bo'ladi. VT2 tranzistor VT1 tranzistor uchun dinamik yuklama tariqasida ishlaydi.

Past darajga to'g'ri keluvchi (U^0 mantiqiy nol, 2.8 rasm) invertor signaligi X kirishga (VT1 baza) uzatilganida Y chiqishda (VT1 kollektor) mantiqiy birga to'g'ri keladigan U^1 yuqori darajali kuchlanish hosil bo'ladi. Bu holatda VT1 tranzistor berk rejimga o'tib, yuqori ichki qarshilikka, VT2 tranzistor esa yuklamasiz holatga o'tib qoladi.

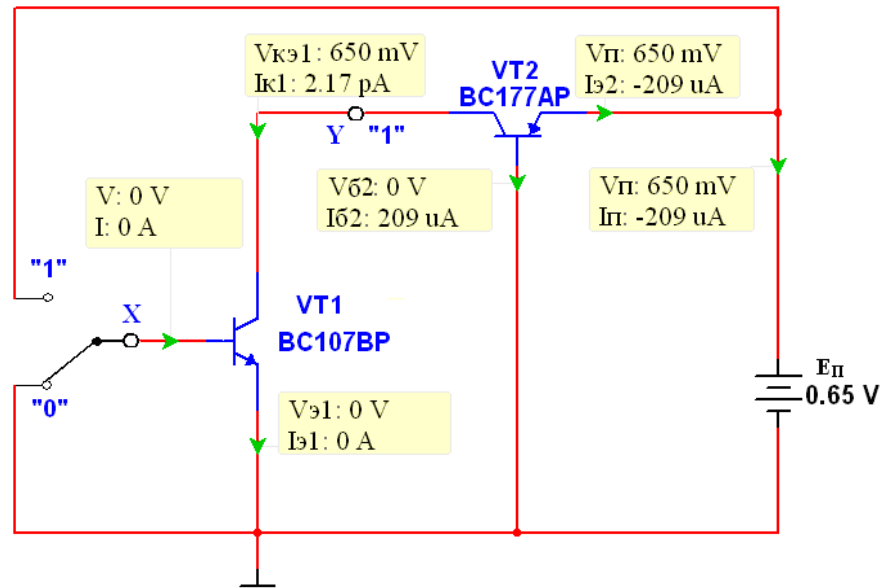
Invertorning X kirishga (VT1 baza) mantiqiy 1 ga to'g'ri keluvchi kuchlanish berilganida Y chiqishda (VT1 kollektor) mantiqiy 0 ga mos keladigan past darajadagi kuchlanish hosil bo'ladi. Bunda VT1 tranzistor aktiv rejimga o'tadi va kichik ichki qarshilikka ega bo'ladi, VT2 tranzistor esa qisqa tutashuv rejimida bo'ladi va uning kollektor zanjiridan injeksion–voltaic effektli tok oqib o'tadi.

VT1 va VT2 tranzistorlar xarakteristika egriliklarining o'zaro munosabati transistorlardagi to'yinish toklari absolyut qiymatlarining o'zaro nisbati bilan aniqlanadi. $E_p/2$ ga teng bo'lgan kvantlanish kuchlanishida invertorning simmetrik uzatish xarakteristikasini olish mumkin. Bu holda quyidagi tenglik bajarilishi kerak:

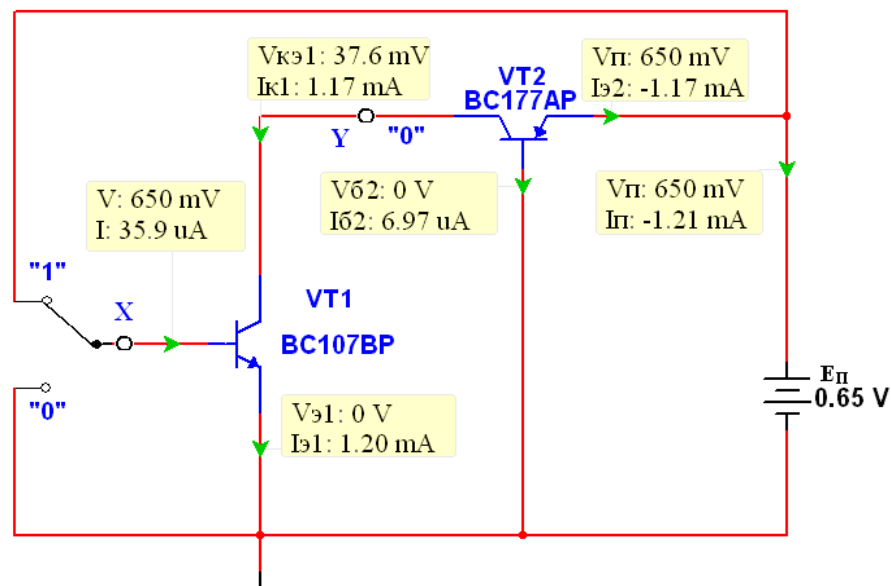
$$I_{01} / I_{02} = S_{E1} / S_{E2} = \exp[(b_{E2} - 0.5b_{E1})E_p] \quad (2.10)$$

$b_{E2}=b_{E1}=31 \text{ V}^{-1}$, $E_p=0,72 \text{ V}$ bo'lganida ushbu tranzistorlar emitterlari yuzalarining nisbati $S_{E1}/S_{E2}=I_{01}/I_{02}=70263$ ga teng bo'ladi.

a)



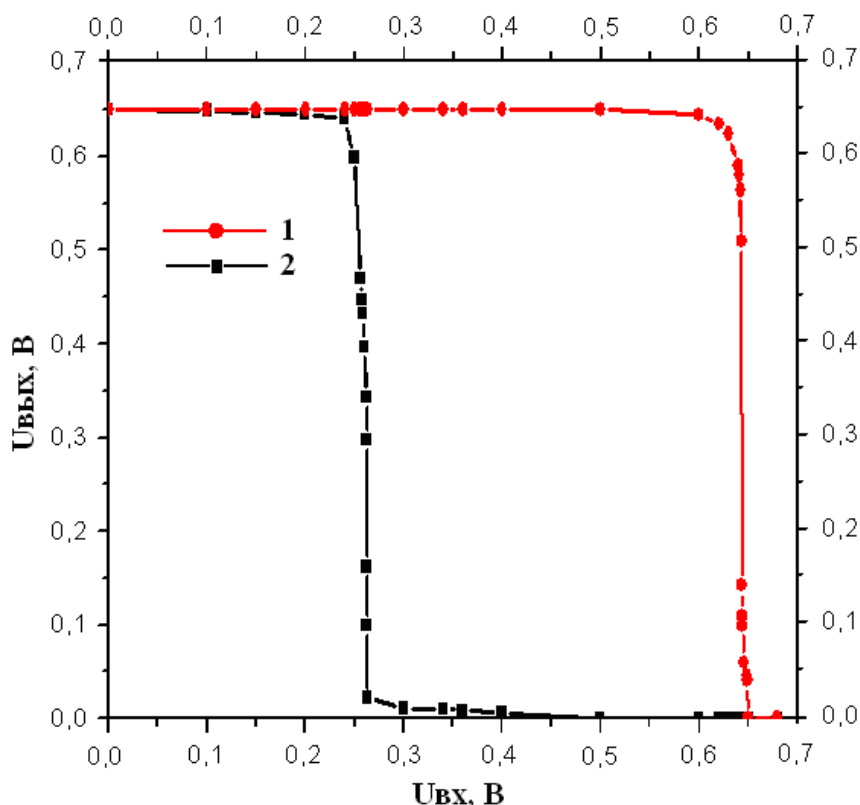
b)



2.8–rasm. Kirishiga mantiqiy 1 va mantiqiy 0 berilgan, dinamik yuklamali IVR dagi BT asosidagi inverter.

$E_p - 4AkT/q$ ga teng boʻlgan kvantlanish kuchlanishida integral–injeksion mantiq (I^2M) da yasalgan invertorning nosimmetrik oʻtish xarakteristikasini olishimiz mumkin. Bu holatda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$I_{01} / I_{02} = \exp[(b_{E0} - b_{E1})E_p + b_{E1}(4AkT/q)] \quad (2.11)$$



2.9–rasm. Invertorlarning amplituda o'tish xarakteristikalari: dinamik yuklamali (1–egri chiziq) va KBT (2–egri chiziq).

Berilgan sxemaning kamchiligi shundaki, X kirishga mantiqiy bir berilganida statik rejimda E_p manbadan elektr quvvatini iste'mol qiladi.

Ushbu kamchilikni 2.6–rasmda keltirilgan komplementar BT (KBT) asosida yasalgan invertor sxemasi bilan bartaraf etish mumkin. Bu yerda ikkita har xil IVR dagi BT li electron kalitlar ketma–ket ulangan.

2.4. Komplementar bipolyar tranzistorda yasalgan invertor

KBT dagi invertor diskret va integral sxemotexnikada, axborot va radiotexnik tizimlarda qo'llanilishi mumkin.

Ma'lumki, bipolyar tranzistorlar asosida yasalgan invertorlar mavjuddir. Invertorlarning asosiy kamchiliklari kichik tezlik, kattaligi, ulanish paytida katta quvvat va kuchlanish iste'mol qilishi hisoblanadi. Bundan tashqari, invertorning

yuqori Omli rezistorini integral mikrosxemalarda (IMS) texnologik jihatdan amalga oshirish qiyin boʻlgan vazifa hisoblanadi. Yuqori Omli rezistorlarni joylashtirishning qiyinchili shundaki, IMS dan alohida ravishda rezistor joylashtirish lozim, bu esa IMS ishining temperatura rejimini ishdan chiqaradi, IMS ning integratsiya darajasini payastirib yuboradi.

Shu bilan birga I²M (integral–injeksion mantiq) sxemalari asosida yasalgan invertorlar ham mavjud. Invertor p–n–p va n–p–n strukturali bipolyar tranzistorlar asosida yasalgan boʻlib, toʻyintirilgan mantiqiy sxemalar sinfiga kiradi.

I²M sxemalari asosidagi invertorning asosiy kamchiliklari shuki

$$P_{INJ}=I_{INJ} \cdot E_P$$

quvvat isteʼmol qiladigan, p–n–p tranzistorli injektorga ega boʻlishi lozim. I_{INJ}–injector toki, E_P–manba kuchlanishi. Bu quvvatrezistor va tranzistorlarda ajralib, IMS ni qizitadi. Invertor sxemasiga albatta rezistor orqali kuchlanish manbai ulanishi lozim. Ushbu rezistor sababli kuchlanish manbai tok manbaiga aylanib qoladi, haroratning birdek saqlanib turishi uchun bu rezistor IMS dan tashqariga chiqariladi. Rezistor yoʻq boʻlganda, agar harorat yoki manba kuchlanishi oʻzgarib qolsa, sxema boshqarib boʻlmaydigan holatga oʻtib qoladi.

I_{INJ} injektor toki I²M invertorining ishlash tezligiga yetarlicha salbiy taʼsir koʻrsatadi. Bu qayta ulanish energiyasi bilan tavsiflanadi:

$$W_{\tau} = P_{IST} \tau_{to'xt} \quad (2.13)$$

$$P_{IST} = E_P I_{INJ} \quad (2.14)$$

Bu yerda: P_{IST}–invertorning qayta ulanish vaqtida isteʼmol qilinadigan oʻrtacha quvvat, $\tau_{to'xt}$ –signal tarqalishining oʻrtacha toʻxtalib qolib, ushlanish vaqti.

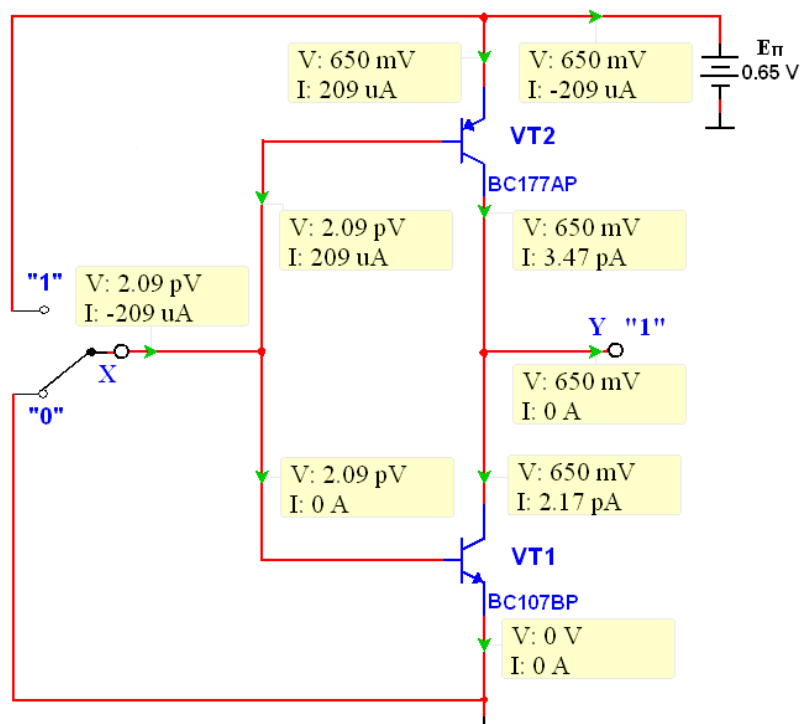
Shunday ekan, invertor iste'mol qiladigan o'rtacha quvvat qayta ulanish energiyasining berilgan qiymatida uning ishlash tezligini cheklaydi. Iste'mol qilinadigan o'rtacha quvvat injector tokining miqdori bilan aniqlanadi. I²M asosidagi invertor to'yingan mantiqiy sxemalar sinfiga kiradi, shuning uchun undagi injector tokini kamaytirib bo'lmaydi.

Qayta ulanish vaqtida iste'mol qilinayotgan o'rtacha quvvatni kamaytirish mumkin va shu yo'l bilan manba kuchlanishining miqdorini pasaytirish mumkin. Berilgan invertordagi o'zaro elektr bog'lanishga ega bo'lgan p-n-p va ko'p kollektorli n-p-n tranzistorlar, kirish va chiqishlar, shuningdek, tashqi kuchlanish manbai bo'lgan p-n-p tranzistor ko'p kollektorli qilib tayyorlangan. Uning emitter elektrodi E_g/q (E_g —tranzistor tayorlangan yarim o'tkazgich taqiqlangan zonasining kengligi, q —elektron zaryadi) dan katta bo'lmagan kuchlanish manbaining musbat qutbga ulanadi, tranzistorlarning baza elektrodleri o'zaro birlashtirilgan, shuningdek, tranzistorlarning kollektor elektrodleri mos ravishda invertorning kirish va chiqishlari hisoblanadi. Ko'p kollektorli, ikki xil turdagi tranzistorlarning yuqorida aytib o'tilgan usulda ulanishi bipolyar tranzistorlarning bir paytning o'zida berk va to'yinish rejimlarida ishlashi hisobiga iste'mol qilinadigan tok va manba kuchlanishi miqdorini kamaytirish imkoniyatini beradi.

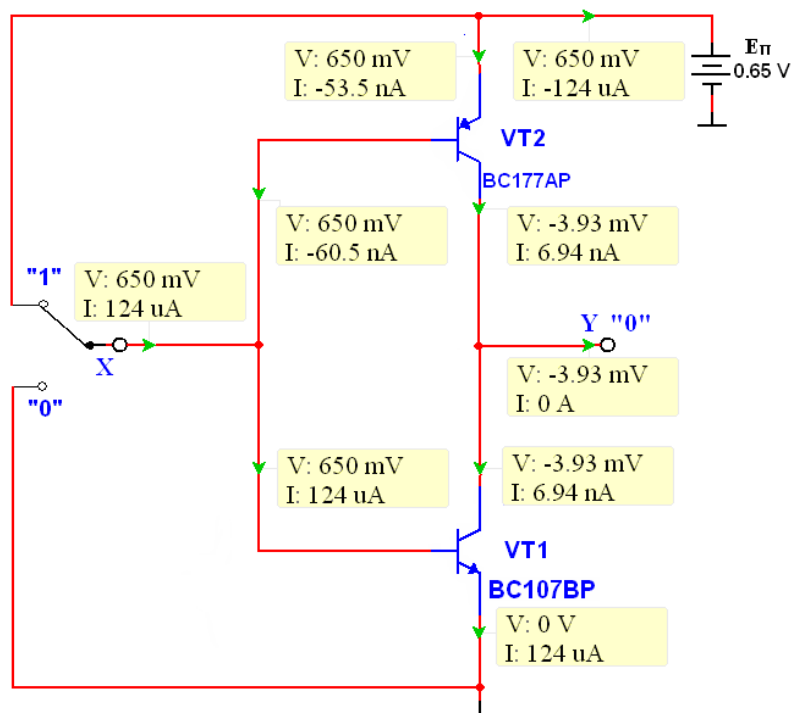
Agar KBT invertorining kirishiga miqdor jihatdan manba kuchlanishining qiymatiga teng bo'lgan, mantiqiy "1" ga mos keluvchi signal berilsa, ko'p kollektorli n-p-n tranzistorning emitter–baza kuchlanishi E_p ning qiymatiga mos keladi, p-n-p tranzistorning emitter–baza kuchlanishi esa nolga teng bo'ladi. Bunda n-p-n transistor to'yinish rejimida, p-n-p transistor esa berk rejimda ishlaydi. Berk rejimda kollektor–emitter elektrodleri orasidagi qarshilik juda katta bo'ladi (amalda kollektor o'tishidagi tokning qiymati bilan aniqlanadi), n-p-n tranzistorning kollektor–emitter orasidagi qarshilik esa nolga yaqin bo'ladi.

KBT da asosidagi invertorning tor tirqishli ulanishining amplituda uzatish xarakteristikasi deyarli simmetrik ko'rinishga ega.

a)



b)



2.10–rasm. KBT asosidagi invertorning kirishiga mantiqiy nol (a) va mantiqiy bir (b) berilgan holat.

2.5. Komplimentar bipolyar transistor asosidagi invertorning uzatish xarakteristikasini o`rganish.

Hisoblashlarda VT1 va VT2 tranzistorning quyidagi parametrlari olinadi:

$$E_P=0,7 \text{ V}$$

$$\begin{array}{lll} b_{K1}=39,5 \text{ V}^{-1}; & \alpha_{N1}=0,99; & I_{E01}=10^{-10} \text{ mA}; \\ b_{K2}=39 \text{ V}^{-1}; & \alpha_{N2}=0,987; & I_{E02}=5 \cdot 10^{-10} \text{ mA}; \\ b_{E1}=40 \text{ V}^{-1}; & \alpha_{11}=0,82; & I_{K01}=7 \cdot 10^{-10} \text{ mA}; \\ b_{E2}=38,5 \text{ V}^{-1}; & \alpha_{12}=0,81; & I_{K02}=8 \cdot 10^{-10} \text{ mA}. \end{array}$$

Invertorning uzatish xarakteristikasida “kvantlanish nuqtasi” deb nomlanadigan K nuqtani belgilab olish mumkin (2.9.–rasm). Bu nuqtada Y_K chiqishdagi kuchlanish X_K kirishdagi kuchlanishga teng va bu U_K kuchlanish kvantlanish kuchlanishi deyiladi.

K nuqtaning qiymatini aniqlaymiz. Buning uchun (2.7) va (9.8) ifodalardan foydalanamiz va X va Y larni tenglaymiz:

$$X=X-U_{KB1}$$

So`ngra $U_{KB1}=0$ tenglamani yechish lozim. (3.7) ifodani nolga tenglashtiramiz:

$$\frac{1}{b_{K1}} \left[\ln \left(\frac{I_{E01} \cdot e^{b_{E1}X} - I_{E02} \cdot e^{b_{E2}(E_P-X)}}{\alpha_{I1} \cdot I_{K01}} \right) \right] = 0$$

Bu yerdan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_{E01} \cdot e^{b_{E1}X} - I_{E02} \cdot e^{b_{E2}(E_P-X)} = \alpha_{I1} \cdot I_{K01}$$

$\alpha_{I1} \cdot I_{K01}$ ning qiymatini hisobga olmagan holda quyidagini hosil qilamiz:

$$I_{E01} \cdot e^{b_{E1}X} = I_{E02} \cdot e^{b_{E2}(E_P-X)}$$

Tenglikning har ikkala tarafini e asosga ko`ra logarifmlab, X qiymatini topamiz:

$$X_K = \frac{\ln \frac{I_{E01}}{I_{E02}} - b_{E2} \cdot E_P}{b_{E1} + b_{E2}}$$

Berilgan parametrlarning qiymatlarini o`rniga qo`yib, X ning qiymatini topamiz: $X_K=0,363814$ V.

Ko`rinib turganidek, kvantlanish kuchlanishi $U_K=0,363814$ V ga teng ekan.

Mantiqiy birning asimptotik qiymati $U^1 \approx 7$ V ga teng.

Mantiqiy nolning asimptotik qiymati $U^0=0,03876$ V ga teng.

Mantiqiy tushishning qiymati $U^1-U^0=0,6433$ V.

Mantiqiy nolning xalaqidan saqlanganligi $U^0_{sh}=U_K-U^0=0,32506$ V.

Mantiqiy birning xalaqitdan saqlanganligi $U^1_{sh}=U^1-U_K=0,318265$ V.

Invertorning uzatish xarakteristikasida ahamiyatga ega bo`lgan ikkita C va D nuqtalarni ajratib ko`rsatish mumkin (2.9–rasm). Bu nuqtalarda inverter ulangan holatda kuchlanish bo`yicha kuchaytirish koeffitsiyenti 1 ga teng. Shunday qilib, C va D nuqtalar invertorning chegara nuqtalari hisoblanadi. C va D nuqtalarning absissa o`qidagi qiymatlari teskari aloqa qo`llaniladigan inverterlarning xalaqitlarga chidamlilik darajasini belgilab beradi (masalan, inverterlar asosida yasalgan triggerlar). Bunday elementlarda mantiqiy nolning xalaqitdan saqlanganlik qiymati X_K-U^0 ayirma orqali emas, balki X_C-U^0 ayirma orqali aniqlanadi. Shunga mos ravishda mantiqiy birning xalaqitdan saqlanganlik qiymati U^1-X_D ayirma orqali aniqlanadi. C va D nuqtalarning koordinatalarini aniqlab beruvchi tenglamani aniqlaymiz.

Ifodani X bo`yicha differensiallab, hamda $\frac{\partial Y}{\partial X} = -1$ deb hisoblab, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = 1 + \frac{\partial U_{KB2}}{\partial X} = -1. \text{ Bundan } \frac{\partial U_{KB2}}{\partial X} = -2 \text{ ekanligini topamiz.}$$

Ushbu ifodalardan foydalanib quyidagini olamiz:

$$\frac{\partial U_{KB2}}{\partial X} = -\frac{1}{b_{K2}} \left(\frac{\alpha_{N2} \cdot I_{E02} \cdot b_{E2} \cdot e^{b_{E2}(E_P - X)} - \alpha_{N1} \cdot I_{E01} \cdot b_{E1} \cdot e^{b_{E1}X}}{\alpha_{N2} \cdot I_{E02}(e^{b_{E2}(E_P - X)} - 1) - \alpha_{N1} \cdot I_{E01}(e^{b_{E1}X} - 1) - I_{K01} + I_{K02}} \right) = -2$$

$I_{K01} \approx I_{K02}$, $(e^{b_{E2}(E_P - X)} - 1) \approx e^{b_{E2}(E_P - X)}$, $(e^{b_{E1}X} - 1) \approx e^{b_{E1}X}$ lardan foydalanib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$e^{b_{E2}(E_P - X)} \cdot \alpha_{N2} \cdot I_{E02} \cdot (2 \cdot b_{K2} - b_{E2}) = e^{b_{E1}X} \cdot \alpha_{N1} \cdot I_{E01} (2 \cdot b_{K2} + b_{E1})$$

Tenglamani har ikkala tarafini e asosga ko'ra logarifmlab, X_C uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$X_C = \frac{b_{E2} \cdot E_P - \ln \left(\frac{\alpha_{N1} \cdot I_{E01} (2 \cdot b_{K2} + b_{E1})}{\alpha_{N2} \cdot I_{E02} (2 \cdot b_{K2} - b_{E2})} \right)}{b_{E2} + b_{E1}}$$

(3.10) ga muvofiq $X_C = 0,349835$ V ekanligini aniqlaymiz.

Huddi shu usul bilan D nuqtaning absissa o'qidagi qiymatini aniqlabberuvchi tenglamani hosil qilamiz:

$$X_D = \frac{b_{E2} \cdot E_P + \ln \left(\frac{I_{E02} (b_{E2} + 2 \cdot b_{K1})}{I_{E01} (2 \cdot b_{K1} - b_{E1})} \right)}{b_{E1} + b_{E2}}$$

(3.11) ga muvofiq $X_D = 0,377864$ V ekanligini aniqlaymiz.

Teskari aloqali elementlarda mantiqiy nolning xalaqitdan saqlanganligi $U_{sh}^0 = 0,31107$ V ga teng. Mantiqiy birning xalaqitdan saqlanganligi $U_{sh D}^1 = 0,32213$ V ga teng.

Bob bo'yicha xulosalar

Shunday qilib, sxemotexnikada raqamli IMS larning yangi asos birligi – p–n o'tishning kontakt potentsiallar farqiga teng bo'lgan kuchlanish manbaida ishlaydigan, KBT asosidagi invertor tahlil qilindi.

Keltirib o'tilgan, injeksion–voltaik effekti qo'llaniladigan KBT asosidagi invertor simmetrik uzatish xarakteristikasiga ega. Injeksion–voltaik efektdan foydalangan holda I^2M ning o'ziga xos xususiyatiga ega bo'lgan K–MDYa va KBT asosidagi invertorlarning o'xshashligi keltirib o'tildi.

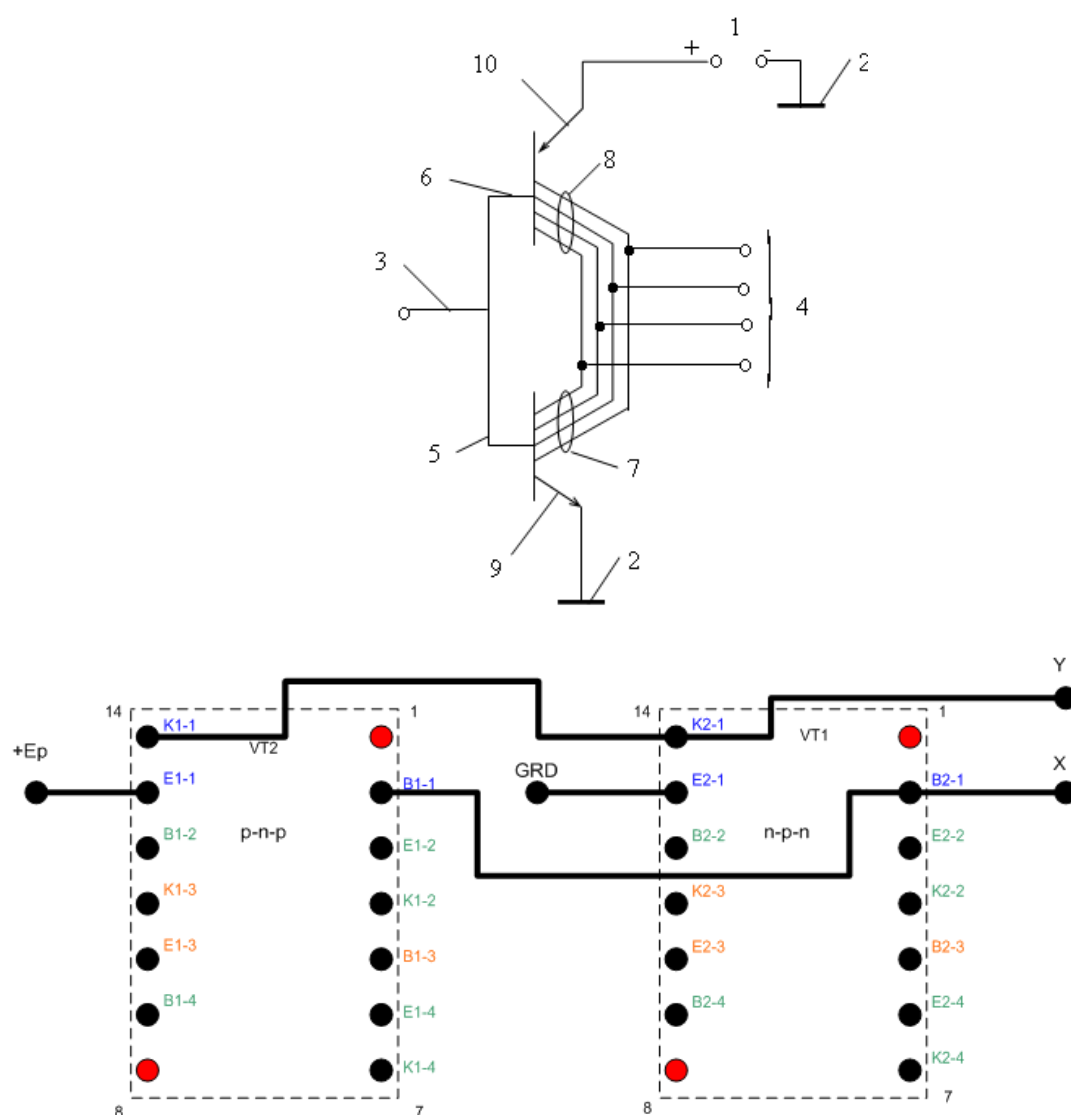
3 BOB

KOMPLIMENTAR BIPOLYAR TRANZISTORLAR ASOSIDAGI PAST KUCHLANISHLI RAQAMLI SXEMALARNI TADQIQ QILISH VA ISHLAB CHIQISH

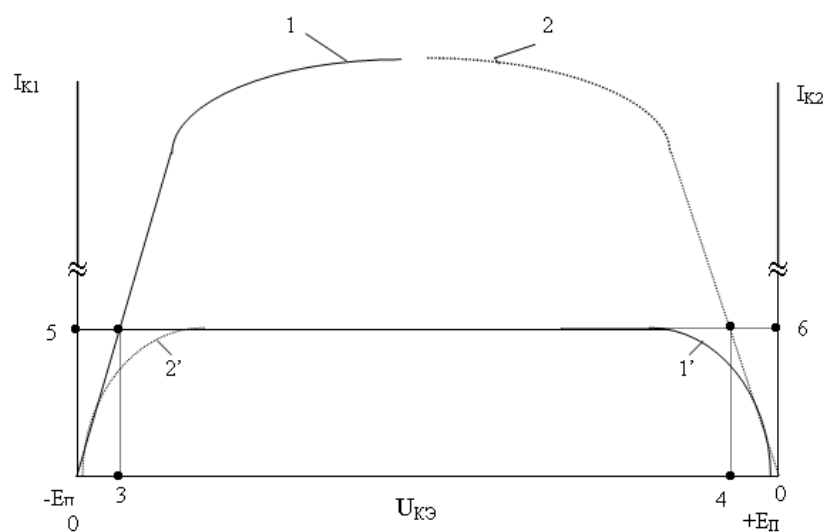
3.1. Komplimentar bipolyar tranzistorlar asoidagi invertorni tajribada tadqiq qilish

3.1–rasmda KBT invertorning elektr sxemasi tasvirlangan. Ko`p kollektorli n–p–n va p–n–p tranzistorlar mos ravishda VT1 va VT2 orqali belgilangan. Raqamlar bilan quyidagilar ko`rsatilgan: 1– E_p kuchlanish manbai; 2–zanjirning umumiy nuqtasi (shinasi); 3–invertorning kirishi; 4–invertorning chiqishi; 5, 6–tranzistorlarning baza elektrodleri; 7, 8–tranzistorning kollektor elektrodleri; 9, 10–tranzistorlarning emitter elektrodleri.

3.2–rasmda VT1 va VT2 tranzistorlarning kirishiga mantiqiy “1” (1 va 1’ egri chiziqlar) va mantiqiy “0” (2 va 2’ egri chiziqlar) ga mos keluvchi signallar berigan holatdagi ularning chiqish xarakteristikalarini tasvirlangan. VT1 va VT2 tranzistorlarning turli U_{EB} kuchlanishlardagi chiqish xarakteristikalarini quyidagicha belgilanadi: 1 – $U_{EB1}=E_p$; 1^I – $U_{EB2}=0$; 2 – $U_{EB2}=-E_p$; 2^I – $U_{EB1}=0$. 3 va 4 nuqtalar mantiqiy bir va mantiqiy nolga mos keluvchi kuchlanishlarni bildiradi. 5 va 6 nuqtalar VT1 va VT2 tranzistorlarning kollektor o`tishlaridagi teskari toklarning qiymatlarini bildiradi.



3.1–rasm. KBT asosidagi invertorning elektr sxemasi va bosma platasi.



3.2–rasm. VT1 va VT2 tranzistorlarning chiqish xarakteristikalari.

3.2. Komplimentar bipolyar tranzistorlar asosidagi invertorlarning uzatish xarakteristikasini tajribada o`rganish

3.3–rasmda kuchlanish manbaining qiymati $E_p=0,72$ V bo`lgan hol uchun KT–315 va KT–361 tranzistorlarda yasalgan KBT invertorning tajriba asosida olingan amplitude uzatish xarakteristikasi tasvirlangan. Raqamlar bilan quyidagilar belgilangan: 1–invertorning amplitude uzatish xarakteristikasi, 1^I –invertorning teskari amplitude uzatish xarakteristikasi, 2–kuchaytirish koeffitsiyenti $K_U=1$ bo`lgan holdagi  $U_{chiqish}=f(U_{kirish})$  chiziqli bog`lanish.

KBT invertor o`zaro elektr bog`langan ko`p kollektorli VT1 va VT2 tranzistorlar (VT1– n–p–n, VT2– p–n–p tipda), kuchlanish manbai 1, umumiy nuqta (shina) 2, kirish 3 va chiqish 4 lardan iborat. Tranzistorlarning o`zaro elektr bog`lanishi ularning elektrodleri orqali amalga oshirilgan (3.1–rasm). Baza elektrodleri o`zaro (5, 6) va kollektor elektrodleri o`zaro (7,8) bog`langan, bu bog`lanishlar o`z navbatida invertorning kirish (3) va chiqishini (4) hosil qiladi. VT1 tranzistorning emitter elektrodi (9) umumiy nuqtaga (shina) (2) ulangan, VT2 tranzistorning emitter elektrodi esa (10) to`g`ridan to`g`ri kuchlanish manbaining musbat qutbiga ulangan (1). Kuchlanish manbaining manfiy qutbi esa (1) umumiy nuqta (shina) (2) ga ulangan.

KBT invertor quyidagicha ishlaydi: invertorning kirishiga (3) mantiqiy “1” ga mos keluvchi kuchlanish berilganida VT1 tranzistor to`yinish rejimida ishlaydi, VT2 tranzistor esa tranzistorlar chiqish xarakteristikalarining kesisish nuqtasiga mos keluvchi berk rejimda ishlaydi (3.5–rasm, 1 va 1^I egri chiziqlar).

Bu holatda KBT invertorning chiqishidagi (4) U_{KE} kuchlanish mantiqiy nolga mos keluvchi quyi darajaga mos keladi. Bunda VT2 tranzistorning emitter–kollektor zanjiridan va VT1 tranzistorning kollektor–emitter zanjiridan kollektor o`tlarining 3.1–rasmdagi 5 nuqtaga mos keluvchi  $I_{KE0}$  teskari toki oqib o`tadi.

Invertor iste'mol qiluvchi quvvat uning holatiga bog'liq bo'lmaydi va quyidagicha aniqlanadi:

$$P = I_{B1}E_P = I_{B2}E_P$$

Masalan. $E_P = 0,72$ V kuchlanishda ishlovchi invertorni amalda yasash uchun n–p–n va p–n–p tipdagi KT–315 va KT–361 rusumli bipolyar tranzistorlar ishlatiladi.

3.5–rasmda tadqiq qilinayotgan KBT invertorning amplitude uzatish xarakteristikasi tasvirlangan.

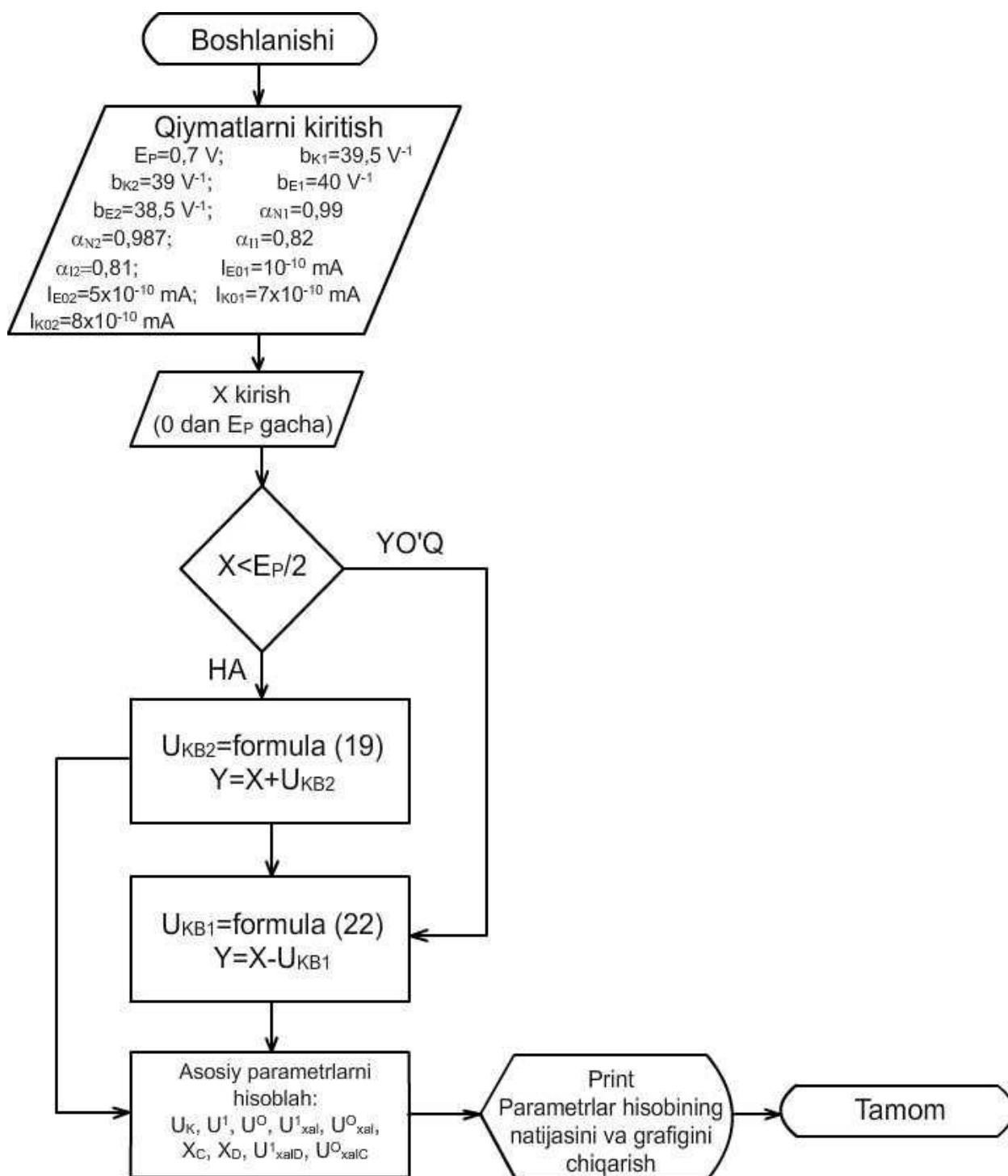
KBT invertorning parametrlarini aniqlash uchun teskari amplitude uzatish xarakteristikasi (1^1) va kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_U = 1$ bo'lgan to'g'ri uzatish xarakteristikalari keltirilgan. (1, 1^1 va 2) egri chiziqlarining kesishish koordinatalari invertorning parametrlarini aniqlab beradi.

Asimptotik “0” $U^0 = 0,02$ V ga, asimptotik “1” esa $U^1 = 0,71$ V ga, kvantlash kuchlanishi $U_{KV} = 0,34$ V ga teng. Mantiqiy “0” ning xalaqitdan saqlanganligi $\Delta U^0_{xal} = U_{KV} - U^0 = 0,32$ V, mantiqiy “1” ning xalaqitdan saqlanganligi $\Delta U^1_{xal} = U^1 - U_{KV} = 0,37$ V.

Trigger sxemalarida xalaqitbardoshlilik chegarasi: $\Delta U^0 = 0,28$ V; $\Delta U^1 = 0,32$ V, trigger qayta ulanib–o'chirilganda $\Delta U_{KV} = 0,1$ V.

KBT invertor E_P ga nisbatan simmetrik uzatish xarakteristikasiga ega, kvantlanish kuchlanishi $U_{KV} = E_P/2$ ga teng, mantiqiy holatlarda (1 yoki 0) xalaqitdan saqlanganlik chegaralari bir xil, bir mantiqiy holatdan boshqasiga o'tish juda tez amalga oshadi.

Quyida KBT invertorning uzatish xarakteristikasini hisoblash algoritmi keltirilgan.



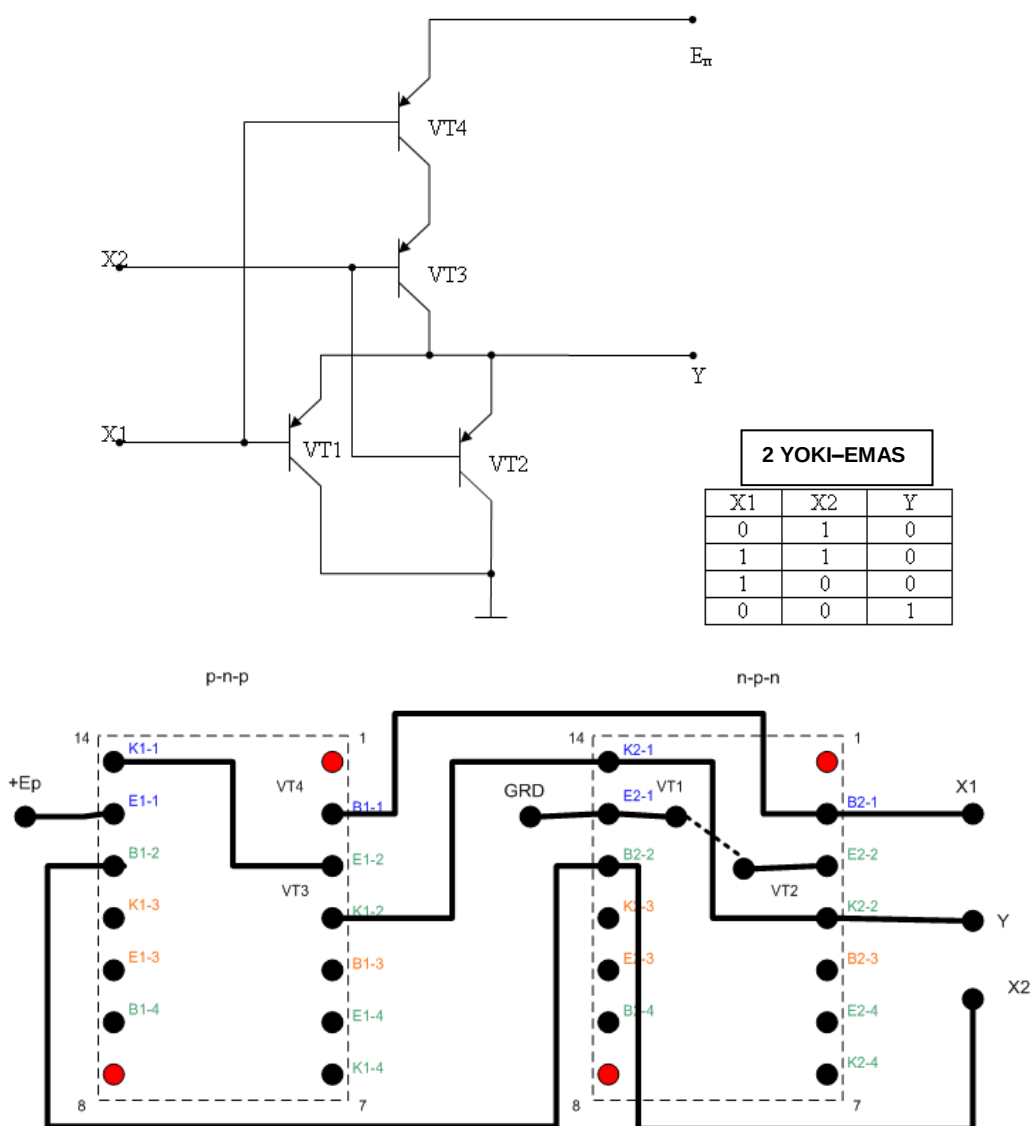
Raqamli apparaturani loyihalashtirishda elementlar bazasini tanlash uchun har xil oilaga tegishli bo'lgan bir turdagi bazaviy elementlarning parametrlarni solishtirish lozim. Quyidagi jadvalda 2 ta kirishga ega bo'lgan turli oilalarga mansub bo'lgan bazaviy mantiqiy elementlarning parametrlari keltirilgan.

Elementning tipi	Manba kuchlanishi, V	O'rtacha quvvat iste'moli, mW	O'rtacha to'xtalish vaqti, ns	Qayta ulanish energiyasi, nJ	Yuklama imkoniyat i
RTL	3	5	25	125	4
DTL	5	9	25	225	7
TTL	5	10	10	100	10
TTLSh	5	2	10	20	10
ESL	5	40	0,75	30	10
n-MDYa	+4, -12	0,5	100	50	20
p-MDYa	+12, +5, -5	0,5	30	15	20
KMDYa	+3÷15	$(0,2\div0,3)\cdot10^{-3}$	30÷90	0,05	50
I²L	1	$(1\div100)\cdot10^{-3}$	10÷1000	1	3
KBT	0,7	$(1\div5)\cdot10^{-3}$	10÷1000	0,5	6÷8

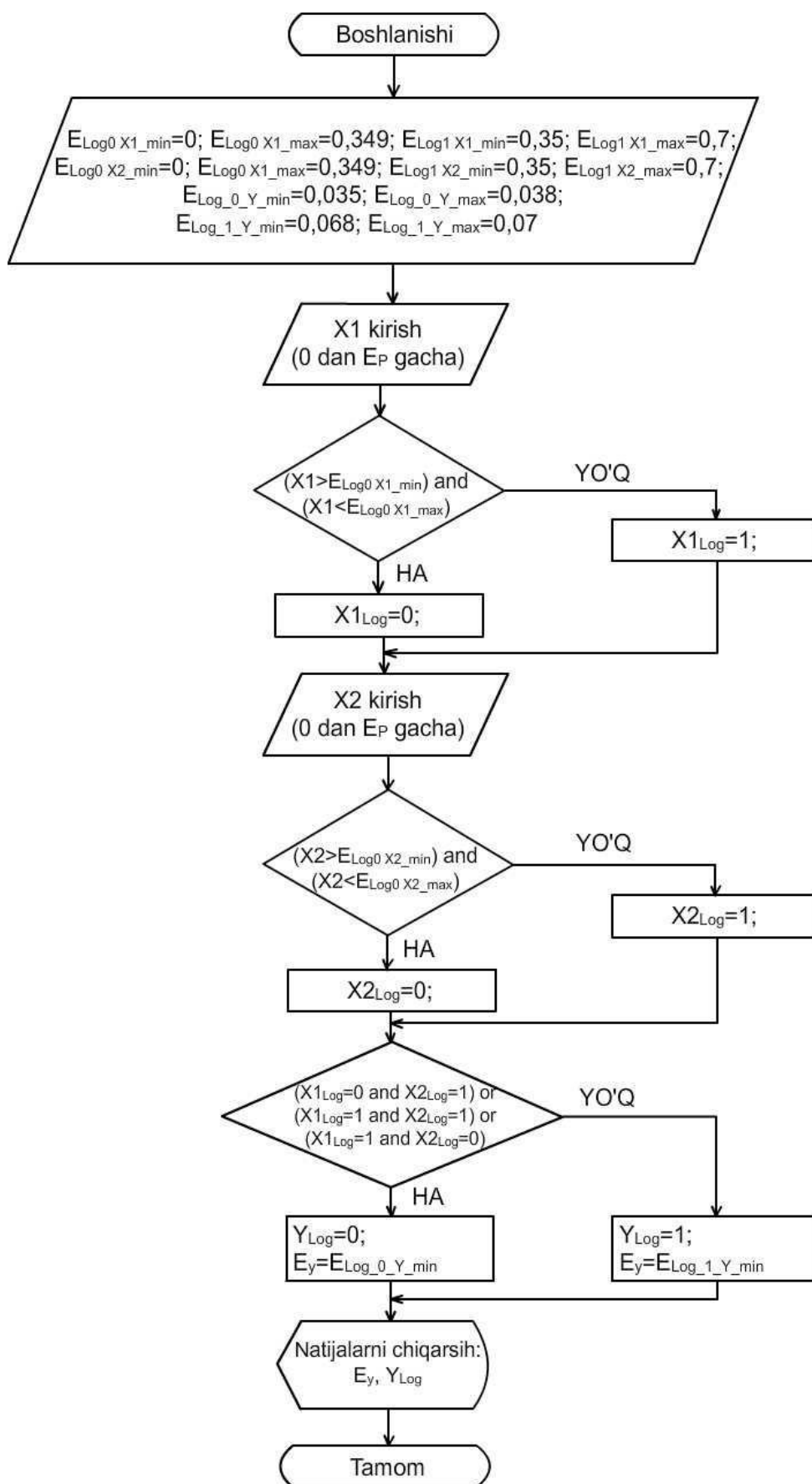
Jadvaldan ko'rinib turibdiki, eng to'xtalish vaqtiga ega bo'lgan elementar ko'proq energiya iste'mol qiladi. Element sifatining kompleks ko'rsatkichi uning qayta ulanish energiyasi (ishi) hisoblanadi. Mantiqiy elementlarning shu parametrga ko'ra taqqoslanishi shuni ko'rsatmoqdaki, KMDYa, I²L va KBT elementlari boshqalariga nisbatan sifatliroq ekan. KMDYa elementlar uchun o'rtacha quvvatda va energiya iste'molida qayta ulanish chastotasi o'rtacha $f_{\text{qayta}}=1$ kGs ga teng bo'ladi.

3.3. Komplimentar bipolyar tranzistorlar asosidagi bazaviy raqamli sxemalarni yig'ish.

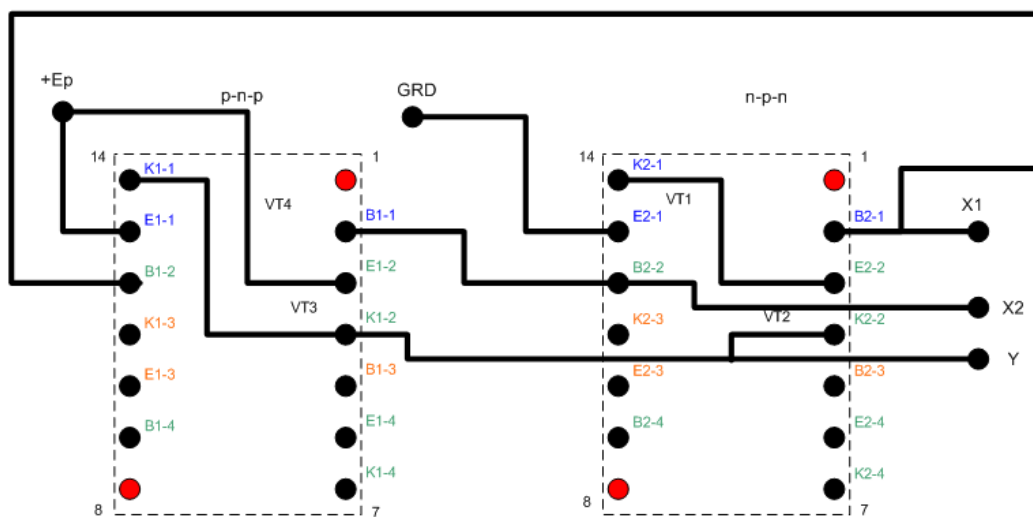
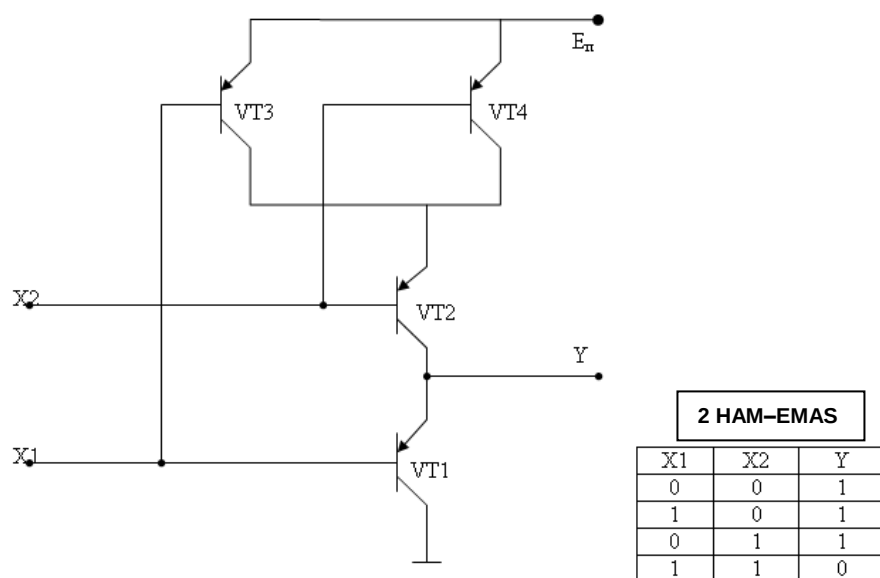
Taklif qilinayotgan KBT asosidagi invertor sinte uchun, shuningdek, injeksion–voltaic effekt asosidagi mantiqiy elementlarning hisob–kitobi uchun bazaviy element hisoblanadi, xususan, HAM–EMAS va YOKI–EMAS elementlari uchun. 2 HAM–EMAS va 2–YOKI–EMAS mantiqiy elementlarining sxemalari mos ravishda 3.6, 3.7 va 3.8, 3.9–rasmlarda ko'rsatilgan.



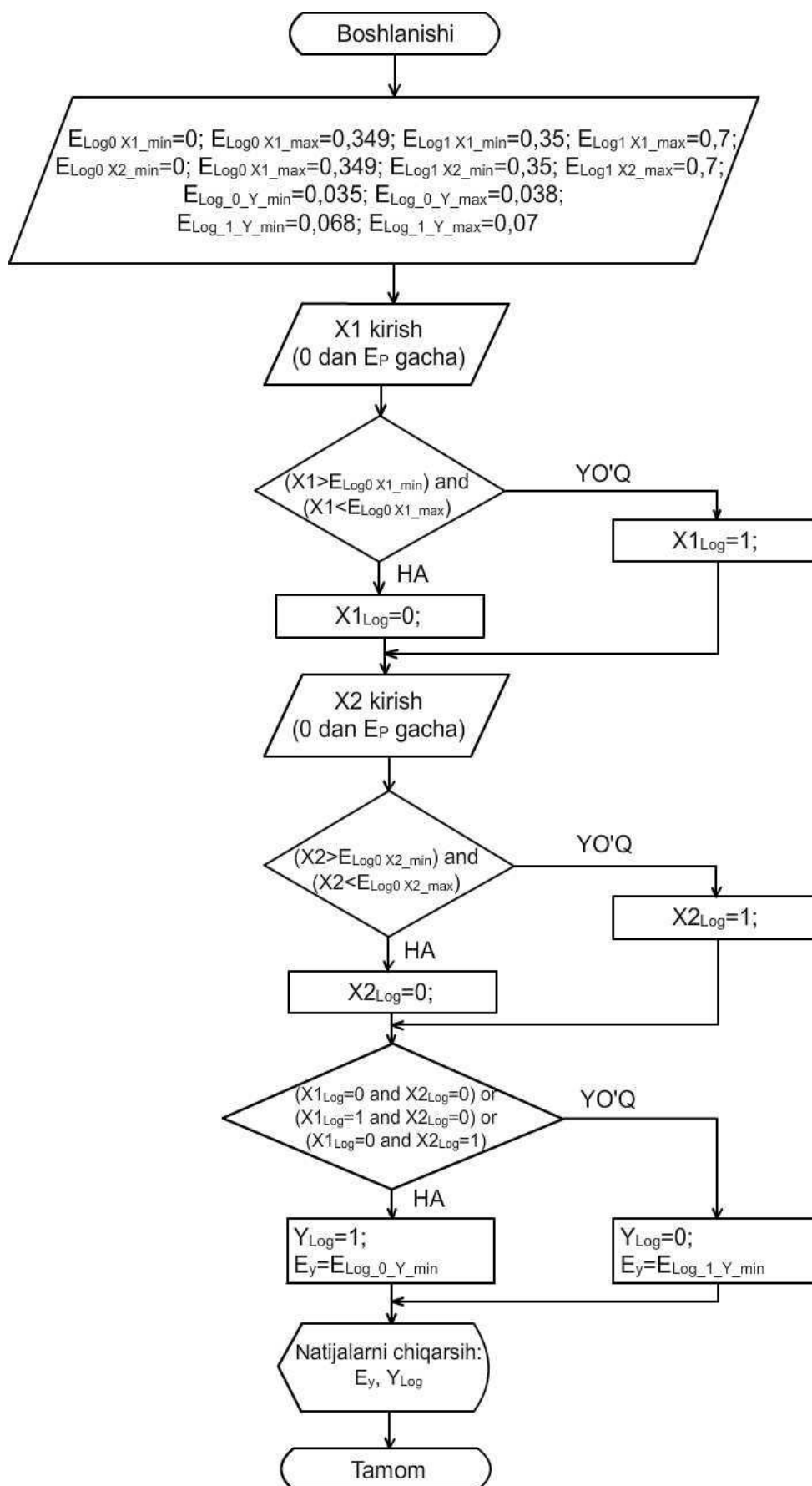
3.6–rasm. KBT asosidagi 2 YOKI–EMAS mantiqiy elementining sxemasi va bosma platasi.



3.7–rasm. 2 YOKI–EMAS elementini hisoblash algoritmi.

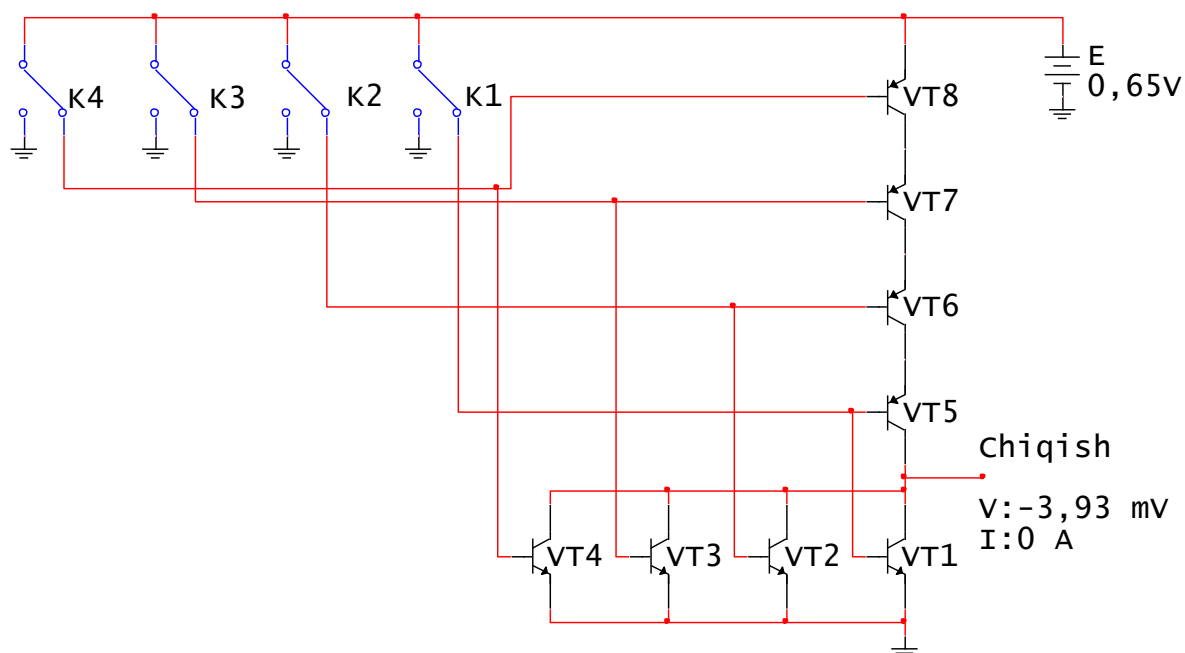


3.8–rasm. KBT asosidagi 2 HAM–EMAS mantiqiy elementining sxemasi va bosma platasi.

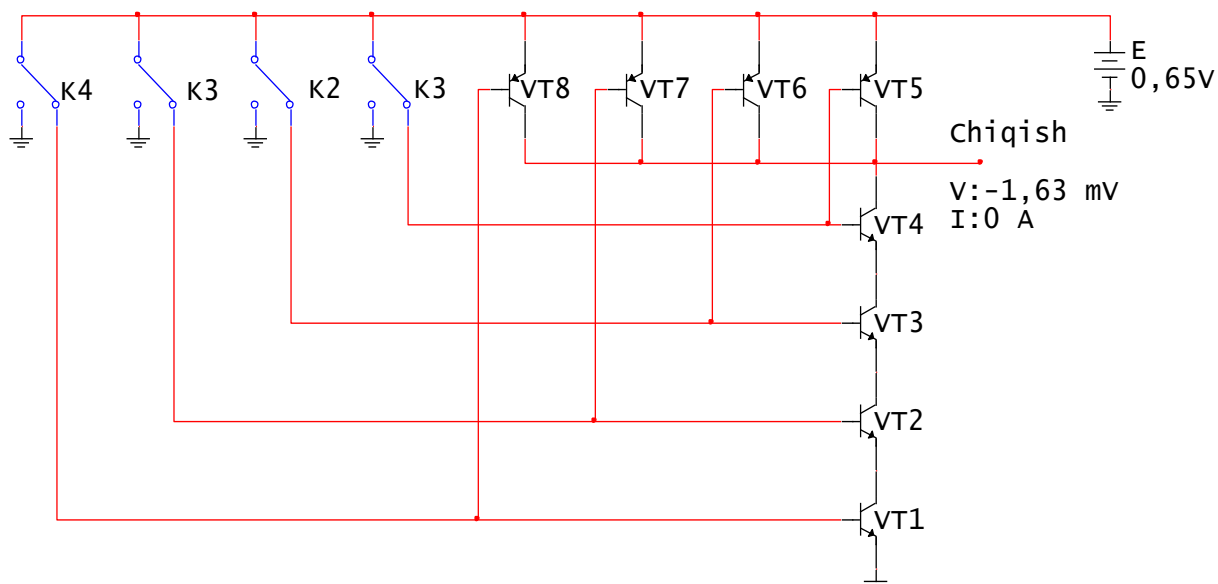


3.9–rasm. 2 HAM–EMAS mantiqiy elementini hisoblash algoritmi.

3.10 va 3.11 rasmlarda bipolyar tranzistorlarda yasalgan “4 YOKI–EMAS” va “4 HAM–EMAS” mantiqiy elementlarining sxemalari keltirilgan.

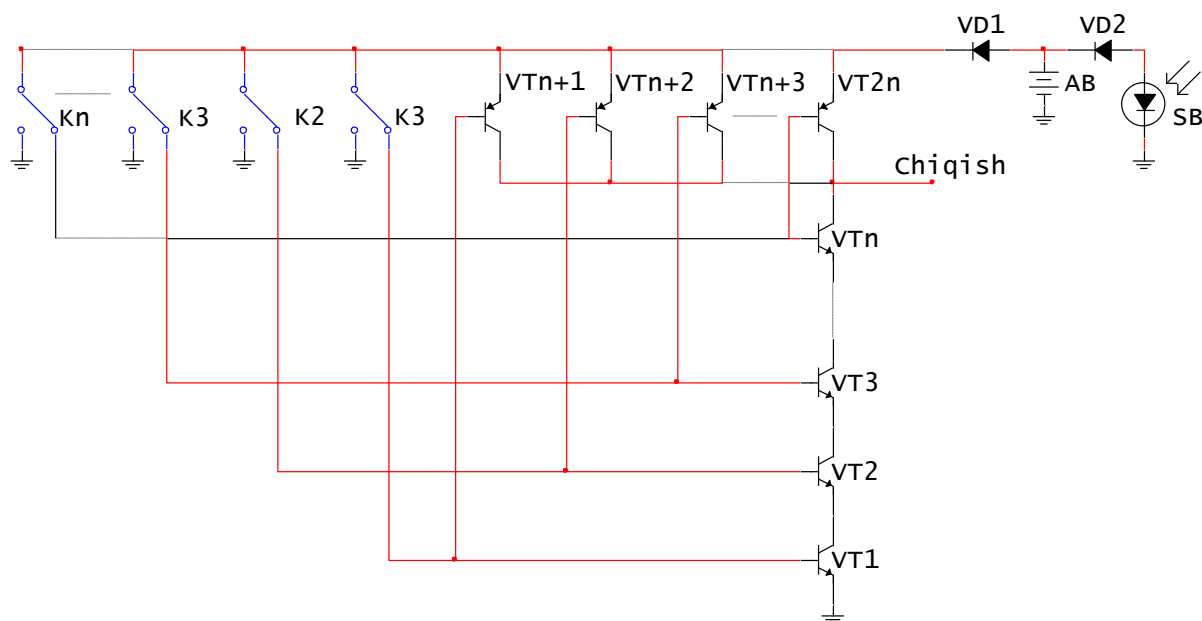


3.10–rasm. “4 YOKI–EMAS” mantiqiy elementining sxemasi.



3.11–rasm. “4 HAM–EMAS” mantiqiy elementining sxemasi.

3.12–rasmda quyosh elementi manbaiga ega boʻlgan, bipolyar tranzistorlar asosida yasalgan koʻp kirishli “n HAM–EMAS” mantiqiy elementi koʻrsatilgan. Bu element VT_1 – VT_n –KT–315, VT_{n+1} – VT_{2n} –KT–361 tranzistorlar asosida yasalgan. VD diod–kremniyli quyosh elementi, K_1 – K_n – ulagichlar. Keltirilgan sxema turli xil energiya manbalariga bogʻlanmagan qurilmalarda qoʻllanilishi mumkin, masalan, qoʻriqlash signalizatsiyasida yoki kodlangan elektron qulflarda.



3.12–rasm. Bipolyar tranzistorlar asosidagi koʻp kirishli “n HAM–EMAS” mantiqiy elementining sxemasi.

Bob bo'yicha xulosalar

Bipolyar tranzistorlar asosidagi KBT invertorni I^2L invertor bilan solishtirganda u injektorga ega bo'lmaydi. Invertordagi tok faqatgina I_B –baza toki orqali aniqlanadi. Baza toki VT1 va VT2 tranzistorlarning kollektor–injektordan β marta kam bo'ladi (β –umumiy emitter ulanish sxemasidagi tranzistorning uzatish koeffitsoyenti). KBT invertorlarda tashqi rezistor bo'lmaydi va kuchlanish manbaining qiymati tahminan 2 marta kichik.

KBT asosidagi invertor ixtiyoriy sondagi kirish–chiqishga ega bo'lgan “HAM–EMAS”, “YOKI–EMAS” kabi mantiqiy elementlarni hamda boshqa raqamli qurilmalarni sintez qilishda bazaviy element bo'lib xizmat qiladi.

Bipolyar tranzistorlar asosidagi KBT invertorlar raqamli integral mikrosxemalarda va katta integral sxemalarda, shuningdek, raqamli texnikada “EMAS”, “YOKI–EMAS”, “HAM–EMAS” va boshqa bazaviy elementlar sifatida qo'llanilishi mumkin. Bundan tashqari, invertor telemetriya, avtomatika, sanoat va avtomobil elektronikasida ham keng va yetarlicha qo'llanilishi mumkin.

XULOSA

1. Olib borilgan analizlarga ko'ra, hozirgi kunda integral–injeksion mantiqli (I^2M) bazaviy raqamli sxemalar eng yuqori integratsiya darajasiga ega va eng past kuchlanishda ishlay oladi.
2. Integral–injeksion mantiq (I^2M) turkunidagi KMDYa va KBT asosidagi inverterlarning o'xshashliklari ko'rib chiqilgan.
3. Sxemotexnikada integral mikrosxemalarning nisbatan yangi bo'lgan bazasi – p–n o'tishdagi chegaralangan kontakt potentsiallar farqiga teng bo'lgan kuchlanishda ishlaydigan KBT asosidagi inverter ustida ish olib borildi.
4. Inverter quyidagi parametrlarga ega bo'lgan simmetrik uzatish xarakteristikasiga ega: $U^1 = 0,710 \text{ V}$, $U^0 = 0,02 \text{ V}$, $U_{KV}=0,34 \text{ B}$, $\Delta U^1 = 0,32 \text{ V}$, $\Delta U^0 = 0,28 \text{ V}$ для $E_p = 0,71 \text{ V}$.
5. KBT asosidagi inverter yordamida ixtiyoriy miqdordagi kirish va chiqishga ega bo'lgan HAM–EMAS, YOKI–EMAS kabi bazaviy raqamli sxemalarni, shuningdek radiotexnik qurilmalarning raqamli sxemalarini sintez qilish mumkin.
6. KBT asosidagi invertorning uzatish xarakteristikasini hisoblashning uslubi ishlab chiqildi.
7. Multisim 10.1 dastur ta'minoti asosida kompyuterda modellashtirilgan kuzatuv olib borildi va integral mikrosxemalarda olingan tajriba natijalari o'z tasdig'ini topdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO`YHATI

1. Andreev V.M., Grilikhes V.A., Rumyantsev V.D. Photovoltaic Conversion of Concentrated Sunlight - London, John Wiley & Sons. 1997, 295–b.
2. Edwin W. Greeneich, Analog Integrated Circuits- New York, Charman & Hall, 1997, 341–b.
3. Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. Полупроводниковые усилительные устройства. - М.: Радио и связь, 1997, 268 с
4. Зарубежные транзисторы, диоды А ... Z / Под ред. Заболотного В.И. и Гончаренко В.Ф. – М.: Наука и техника, 2000, 552 с.
5. Прянишников В.А. Электроника. – СПб.: КОРОНА принт, 2005, 397 с.
6. Росадо П. Физическая электроника и микроэлектроника: Пер. с испанс. / Под ред. проф. Терехова В.А. – М.: Высшая школа, 1991, 351 с.
7. Новые биполярные и полевые транзисторы. / Под ред. Перельмана Б.Л. – М.: МП «Символ - Р», 1993, 96 с.
8. Быстродействующие матричные БИС и СБИС / Под ред. Б.И. Файзуллаева и И.И. Шагурина. - М.: Радио и связь, 1989, 304 с.
9. М. Ватанабэ, К. Асада, К.Кани, Т. Оцуки. Проектирование СБИС. –М.: Мир, 1988, 298 с.
10. Исследования в области КМОП- технологии. CMOS extends its reach. World,2004,110, №1817, С.5.
11. Кардашев Г. Компьютерное схемотехническое моделирование электронных устройств// Схемотехника, 2004, №6, С.14-15.
12. Денисов Н.П., Шарапов А.В., Шибаетов А.А. Электроника и схемотехника: Учебное пособие. Ч.1. Схемотехника цифровых электронных устройств. Томск: Издательство ТГУСУР, 2003, 283 с.
13. Гогоберидзе Г.Б., Петров К.С. Особенности схемотехники современных микросхем. Часть 2. – СПб.: СПбГУТ, 1998, 74 с.
14. Хоровиц П., Хил У. Искусство схемотехники. В 3-х томах. Пер. с англ. 4-е издание, переработанное и дополненное. М.: Мир, 1993, 367–b.

15. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Радио и связь, 2002, 496–б.
16. Аналоговая и цифровая электроника. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. – М.: Горячая линия, Телеком., 2004, 768–б.
17. А.Н. Игнатов, С.В. Калинин, В.Л. Савиных. Основы электроники. Учебное пособие / СибГУТИ.– Новосибирск, 2005, 324–б.
18. Угрюмов Е.П. Цифровая электроника - СПб.: БВХ – Петербург. 2005, 800–б.
19. А.Н. Игнатов. Микросхемотехника и наноэлектроника. Часть 1: Учебное пособие / СибГУТИ.– Новосибирск, 2007, 218–б.
20. А.Н. Игнатов. Микросхемотехника и наноэлектроника. Часть 2: Учебное пособие / СибГУТИ.– Новосибирск, 2007, 244–б.