

СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Радиотехникалық құрылғылар және радиожүйелер элементтері

13-дәріс

Радиожүйе элементтерінің шу және кедергі әсерлері

Оқытушы: Мамадияров Максат Муратович, қауымдастырылған профессор

«Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

m.mamadiyarov@satbayev.university

1

Шу және кедергі ұғымдары

2

Ішкі және сыртқы шу көздері

3

Жылулық және электрондық шу

4

SNR және шу қуаты

5

Шу коэффициенті және каскадтық тракт

6

Радиокедергілердің түрлері

7

Кедергілерді азайту тәсілдері

8

Есептік мысал

Радиожүйеде пайдалы сигналмен бірге кездейсоқ шу және басқа радиоэлектрондық көздерден келетін кедергілер қабылданады. Олар ақпаратты дұрыс қалпына келтіруді қиындатады.

ШУ

Кездейсоқ сипаттағы қажетсіз электрлік немесе электромагниттік тербелістер.

КЕДЕРГІ

Басқа құрылғы, арна немесе сыртқы көз тудыратын қажетсіз сигнал.

НӘТИЖЕ

SNR төмендейді, қателер мен бұрмалану ықтималдығы артады.

Радиожүйені жобалауда пайдалы сигналды сақтау және шу мен кедергіні шектеу — негізгі міндеттердің бірі.

ЖЫЛУЛЫҚ ШУ

Өткізгіштегі заряд тасымалдаушылардың жылулық қозғалысынан пайда болады.

ДРОБТЫҚ ШУ

Жартылай өткізгіш өткелдердегі зарядтардың дискретті қозғалысымен байланысты.

1/f ШУ

Төмен жиіліктерде айқын көрінетін фликкерлік шу.

АТМОСФЕРАЛЫҚ

Найзағай және табиғи электрлік процестерден туындайды.

ҒАРЫШТЫҚ

Күн, жұлдыздар және ғарыштық радиоэмиссия әсерлері.

ТЕХНОГЕНДІК

Электр қозғалтқыштары, импульстік қорек, цифрлық техника және басқа жабдықтар.

Резистивті элементтің жылулық шуы температураға және қабылдау жолағына тәуелді.

$$N = kTB$$

$$V_n^2 = 4kTRB$$

k

Больцман тұрақтысы $\approx 1,38 \times 10^{-23}$
Дж/К

T

Абсолют температура, К

B

Қабылдау жолағы, Гц

Жолақ ені артқан сайын қабылданатын жылулық шу қуаты да пропорционал өседі.

SNR пайдалы сигнал қуатының шу қуатына қатынасын көрсетеді және қабылдау сапасының негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады.

$$\text{SNR} = P_s / P_n$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10}(P_s/P_n)$$

SNR ЖОҒАРЫ

Ақпаратты сенімді қалпына келтіру жеңілдейді.

SNR ТӨМЕН

Демодуляция қателері және сапа нашарлауы артады.

ЖАҚСАРТУ

Сүзгілеу, LNA, бағытталған антенна және өңдеу әдістері.

Шу коэффициенті — Noise Figure



Шу коэффициенті құрылғының сигнал/шу қатынасын қаншалықты нашарлататынын сипаттайды.

$$F = \text{SNR}_{\text{in}} / \text{SNR}_{\text{out}}$$

$$\text{NF} = 10 \log_{10}(F)$$

NF АЗ

Құрылғы аз қосымша шу енгізеді.

LNA

Қабылдағыштың бірінші каскадында төмен NF ерекше маңызды.

NF КӨП

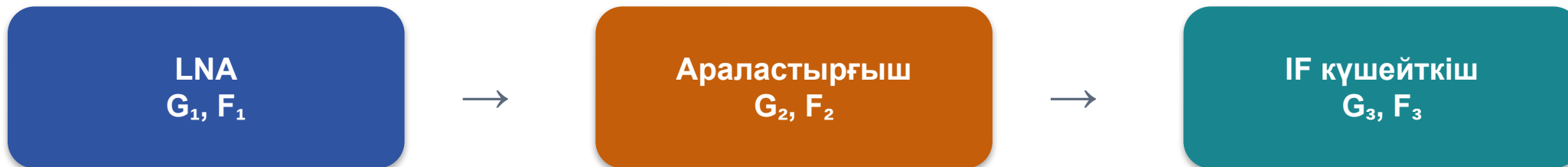
Қабылдағыш сезімталдығы нашарлайды.

Каскадтық тракт және Фриис формуласы



Көпкаскадты қабылдағышта алғашқы каскадтардың шу сипаттамасы жалпы шу коэффициентіне ең күшті әсер етеді.

$$F_{\text{total}} = F_1 + (F_2 - 1)/G_1 + (F_3 - 1)/(G_1 G_2) + \dots$$



Сондықтан төмен шулы және жеткілікті күшейтетін LNA-ны қабылдағыш кірісіне жақын орналастыру тиімді.



КОАРНАЛЫҚ

Бір немесе жақын жиіліктегі басқа таратқыштың әсері.

КӨРШІ АРНА

Жақын жиіліктегі күшті сигналдың қабылдау жолағына өтуі.

ИНТЕРМОДУЛЯЦИЯ

Сызықтық емес элементтерде бірнеше сигналдан жаңа жиіліктердің пайда болуы.

ИМПУЛЬСТІК

Қысқа уақытты, үлкен амплитудалы электрлік кедергілер.

АЙНА АРНА

Супергетеродиндік қабылдағышта бір IF беретін қажетсіз жиілік.

EMI

Электрондық құрылғылар арасындағы электромагниттік үйлесімсіздік әсерлері.

СҮЗГІЛЕУ

RF, IF және baseband сүзгілері қажетсіз спектрлік компоненттерді басады.

ЭКРАНДАУ

Металл экрандар мен дұрыс жерлендіру электромагниттік байланыстарды азайтады.

БАҒЫТТАЛҒАН АНТЕННА

Пайдалы бағыттағы сигналды күшейтіп, басқа бағыттағы кедергіні азайтады.

ЖИІЛІКТІ ЖОСПАРЛАУ

Арналарды дұрыс бөлу коарналық және көрші арна кедергілерін шектейді.

СЫЗЫҚТЫЛЫҚ

Жоғары IP3 және жеткілікті динамикалық диапазон интермодуляцияны азайтады.

ЦИФРЛЫҚ ӨНДЕУ

Кодтау, интерливинг және адаптивті алгоритмдер қателерге төзімділікті арттырады.

Шу мен кедергінің радиожүйеге әсері



Әсер	Физикалық нәтиже	Жүйелік салдар
Шу қуаты өседі	SNR төмендейді	Қабылдау сапасы нашарлайды
Көрші арна күшейеді	Селективтілікке талап өседі	Арна қателері/бұрмалану
Интермодуляция	Жаңа паразиттік спектр	Қажетті арнаға кедергі
Импульстік ЕМІ	Қысқа күшті ауытқу	Пакет/символ қателері

Есептік мысал: жылулық шу



БЕРІЛГЕНІ

$T = 290 \text{ K}$
 $B = 1 \text{ МГц}$
 $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж/К}$

Шу қуаты:

$$N = kTB$$

$$N \approx 1,38 \times 10^{-23} \times 290 \times 10^6 \\ \approx 4,0 \times 10^{-15} \text{ Вт}$$

$$N \approx -114 \text{ dBm}$$

290 K температурада жылулық шу спектрлік тығыздығы шамамен -174 dBm/Hz ; 1 МГц жолақта бұл мән шамамен -114 dBm болады.

1

Шу мен кедергінің айырмашылығы неде?

2

Жылулық шу қуаты қандай параметрлерге тәуелді?

3

SNR нені сипаттайды?

4

Noise Figure қабылдағыш сапасына қалай әсер етеді?

5

Фриис формуласы не үшін қолданылады?

6

Коарналық және көрші арна кедергілерінің айырмашылығы қандай?

7

Кедергілерді азайтудың негізгі инженерлік тәсілдерін атаңыз.

Қорытынды

- ✓ Шу — кездейсоқ қажетсіз тербеліс, ал кедергі көбіне басқа көзден келетін қажетсіз сигнал болып табылады.
- ✓ Жылулық шу қуаты температура мен қабылдау жолағына тәуелді: $N = kTB$.
- ✓ SNR және Noise Figure радиоқабылдағыштың ақпаратты сенімді қалпына келтіру қабілетін бағалауда маңызды.
- ✓ Каскадтық трактте алғашқы LNA каскадының шу сипаттамасы жалпы NF-ке күшті әсер етеді.
- ✓ Сүзгілеу, экрандау, жиілікті жоспарлау, бағытталған антенналар және цифрлық өңдеу кедергілер әсерін азайтады.

Силлабус: 13-дәріс — «Радиожүйе элементтерінің шу және кедергі әсерлері».