



*Радиотехникалық құрылғылар және радиожүйелер элементтері*

7-дәріс

## Модуляция негіздері

Оқытушы: Мамадияров Максат Муратович, қауымдастырылған профессор

«Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

[m.mamadiyarov@satbayev.university](mailto:m.mamadiyarov@satbayev.university)

- 1 Модуляцияның мақсаты
- 2 Ақпараттық және тасымалдаушы сигнал
- 3 Амплитудалық модуляция (AM)
- 4 Жиіліктік модуляция (FM)
- 5 Фазалық модуляция (PM)
- 6 Модуляция индексі және спектр
- 7 Модулятор және демодулятор
- 8 Радиобайланыстағы қолданылуы

**Модуляция — ақпараттық сигналға сәйкес жоғары жиілікті тасымалдаушының бір немесе бірнеше параметрін өзгерту процесі.**

## НЕ ҮШІН ҚАЖЕТ?

Ақпаратты радиоканал арқылы тиімді тарату және антеннамен сәулелендіруге қолайлы жиілікке көшіру.

## НЕ ӨЗГЕРЕДІ?

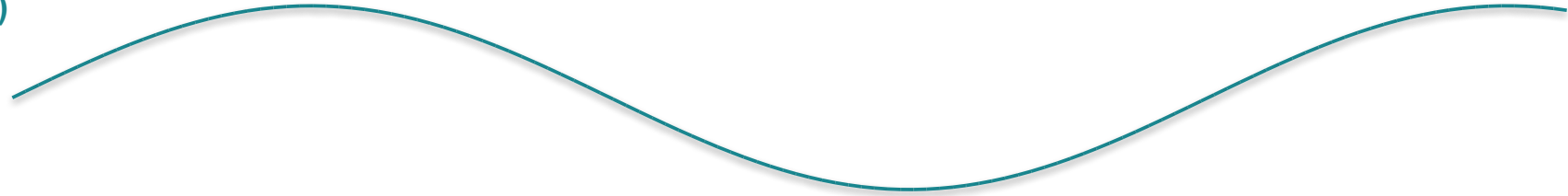
Тасымалдаушының амплитудасы, жиілігі немесе фазасы.

## НӘТИЖЕ

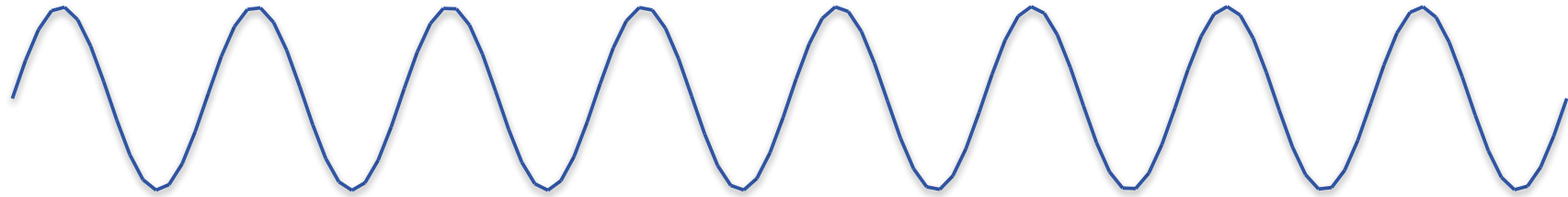
Ақпарат жоғары жиілікті модуляцияланған сигнал құрамында беріледі.

**Қабылдағышта кері процесс — демодуляция — арқылы бастапқы ақпарат қалпына келтіріледі.**

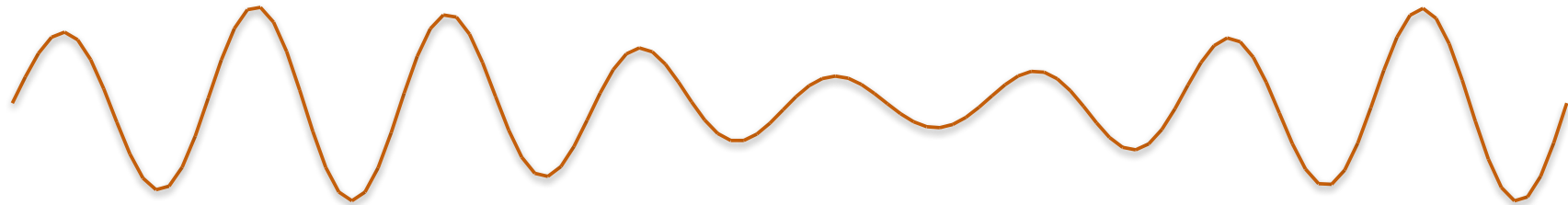
Ақпараттық сигнал  $m(t)$



Тасымалдаушы  $c(t)$



АМ сигнал  $s(t)$



Тасымалдаушы жиілігі ақпараттық сигнал жиілігінен әдетте әлдеқайда жоғары.

# Амплитудалық модуляция — АМ



АМ кезінде тасымалдаушының амплитудасы ақпараттық сигналға сәйкес өзгереді, ал тасымалдаушы жиілігі мен бастапқы фазасы тұрақты қалады.

$$s(t) = A_c[1 + m \cdot \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_c t)$$

**$A_c$**

Тасымалдаушы амплитудасы

**$m$**

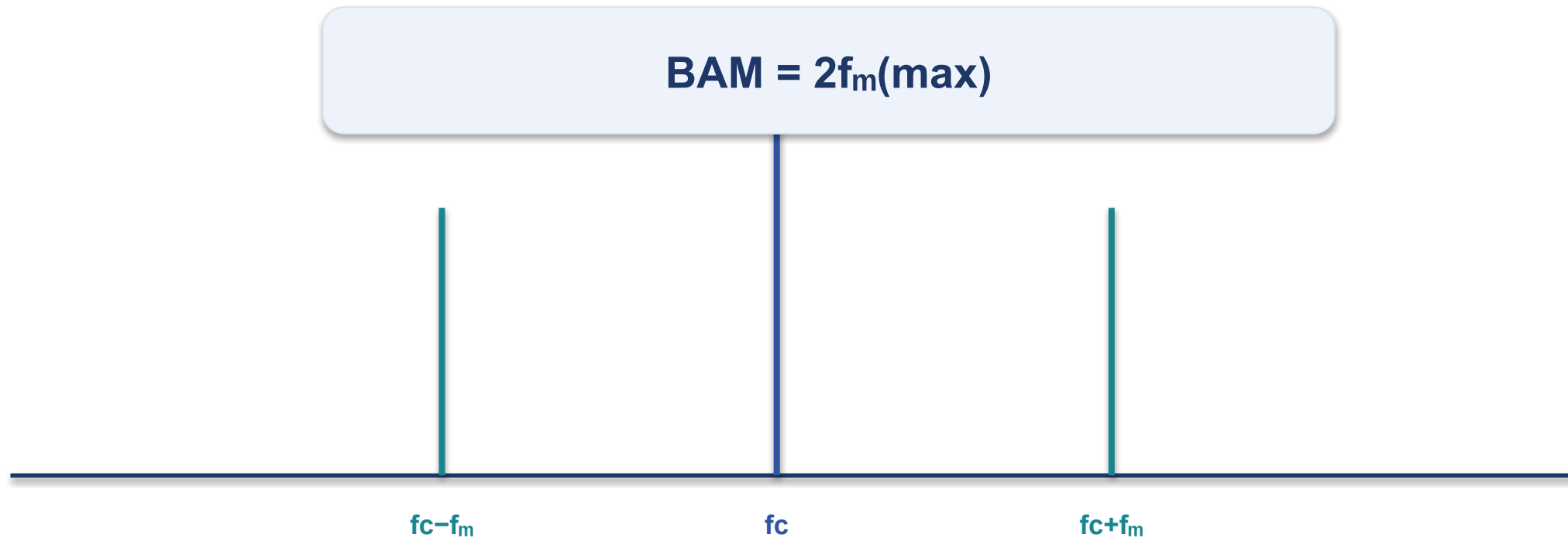
АМ модуляция индексі

**$f_c$  және  $f_m$**

Тасымалдаушы және ақпараттық жиіліктер

**Қалыпты АМ үшін  $0 \leq m \leq 1$ ;  $m > 1$  болса артық модуляция және бұрмалану пайда болуы мүмкін.**

Біртонды АМ сигнал спектрінде тасымалдаушы және екі бүйірлік құраушы пайда болады.



Ақпараттық сигналдың ең жоғары жиілігі артқан сайын АМ сигналына қажет өткізу жолағы да өседі.

FM кезінде тасымалдаушының лездік жиілігі ақпараттық сигналға сәйкес өзгереді, ал амплитудасы тұрақты қалады.



$\Delta f$

Жиіліктің максимал ауытқуы

$\beta$

FM индексі:  $\beta = \Delta f / f_m$

**АРТЫҚШЫЛЫҚ**

Амплитудалық шуға төзімділігі АМ-ге қарағанда жоғары.

РМ кезінде тасымалдаушының лездік фазасы ақпараттық сигналға сәйкес өзгереді.

$$s(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + k_p m(t)]$$

## АМПЛИТУДА

Тұрақты қалады.

## ФАЗА

Ақпараттық сигналға пропорционал өзгереді.

## FM-МЕН БАЙЛАНЫС

Жиілік — фазаның уақыт бойынша өзгеру жылдамдығына байланысты.

| Сипаттама         | АМ              | FM         | РМ                       |
|-------------------|-----------------|------------|--------------------------|
| Өзгертін параметр | Амплитуда       | Жиілік     | Фаза                     |
| Амплитуда         | Өзгереді        | Тұрақты    | Тұрақты                  |
| Шуға төзімділік   | Төменірек       | Жоғары     | Жоғары                   |
| Спектр            | Қарапайым       | Күрделірек | Күрделірек               |
| Қолданылуы        | АМ хабар тарату | FM радио   | Байланыс/цифрлық жүйелер |



- Модулятор ақпаратты тасымалдаушыға енгізеді.
- Арнада сигнал әлсірейді және оған шу қосылуы мүмкін.
- Демодулятор қабылданған RF сигналдан ақпараттық компонентті бөліп алады.

# Есептік мысал: АМ модуляция индексі



## БЕРІЛГЕНІ

Қабықшаның максимумы:  $U_{\max} = 8$   
В  
Минимумы:  $U_{\min} = 2$  В

АМ индексі:

$$m = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min})$$

$$m = (8 - 2) / (8 + 2) = 0,6$$

$$m = 0,6 = 60\%$$

$m < 1$  болғандықтан, сигнал артық модуляция режимінде емес және идеал жағдайда қабықша бұрмаланбайды.

## Хабар тарату

АМ және FM арқылы дыбыстық ақпарат тарату

## Ұялы байланыс

Күрделі цифрлық модуляция әдістері арқылы дерек беру

## Спутниктік байланыс

Спектр мен қуатты тиімді пайдаланатын модуляция

## Радиорелелік жүйе

Жоғары жиілікті тасымалдаушы арқылы ақпарат жеткізу

## Телеметрия

Өлшеу деректерін қашықтан беру

## Радар

Импульс, фаза немесе жиілік параметрлерін басқару



1

Модуляцияның негізгі мақсаты қандай?

2

Ақпараттық және тасымалдаушы сигналдардың айырмашылығы неде?

3

АМ кезінде тасымалдаушының қай параметрі өзгереді?

4

FM модуляция индексі қалай анықталады?

5

PM кезінде қандай параметр өзгереді?

6

АМ сигналының өткізу жолағы қалай бағаланады?

7

Демодулятор радиоқабылдағышта қандай қызмет атқарады?

# Қорытынды

- ✓ Модуляция ақпаратты жоғары жиілікті тасымалдаушыға енгізуге мүмкіндік береді.
- ✓ АМ кезінде амплитуда, FM кезінде жиілік, РМ кезінде фаза өзгереді.
- ✓ Модуляция түрі сигналдың спектріне, шуға төзімділігіне және қажетті өткізу жолағына әсер етеді.
- ✓ Модулятор таратқышта, ал демодулятор қабылдағышта негізгі функция атқарады.
- ✓ Модуляция радиохабар тарату, ұялы, спутниктік, радиорелелік және басқа байланыс жүйелерінің негізі болып табылады.