

Аналіз і синтез випромінюючих систем

Антенні решітки

Загальні положення

Для того, щоб отримати гостроспрямовані ДН, одинарною антеною неможливо обійтись. Для цього доводиться використовувати складніші, антенні системи. Складаються вони з певної кількості однотипних випромінювачів. Системність такої антени виражається у певному просторовому розташуванні цих випромінювачів та амплітудно-фазовому розподілі струмів (полів) у них.

Класифікують ці системи таким чином:

1. **Дискретні та неперервні системи випромінювачів.** У дискретних системах (антенних решітках, АР), кількість випромінювачів N обмежено, а в неперервних системах тобто випромінювачі повністю заповнюють систему.
2. **Прямокутні, плоскі та просторові (об'ємні) антенні решітки** (рисунок на наступній сторінці). Еквівалентні розміри решітки (системи):

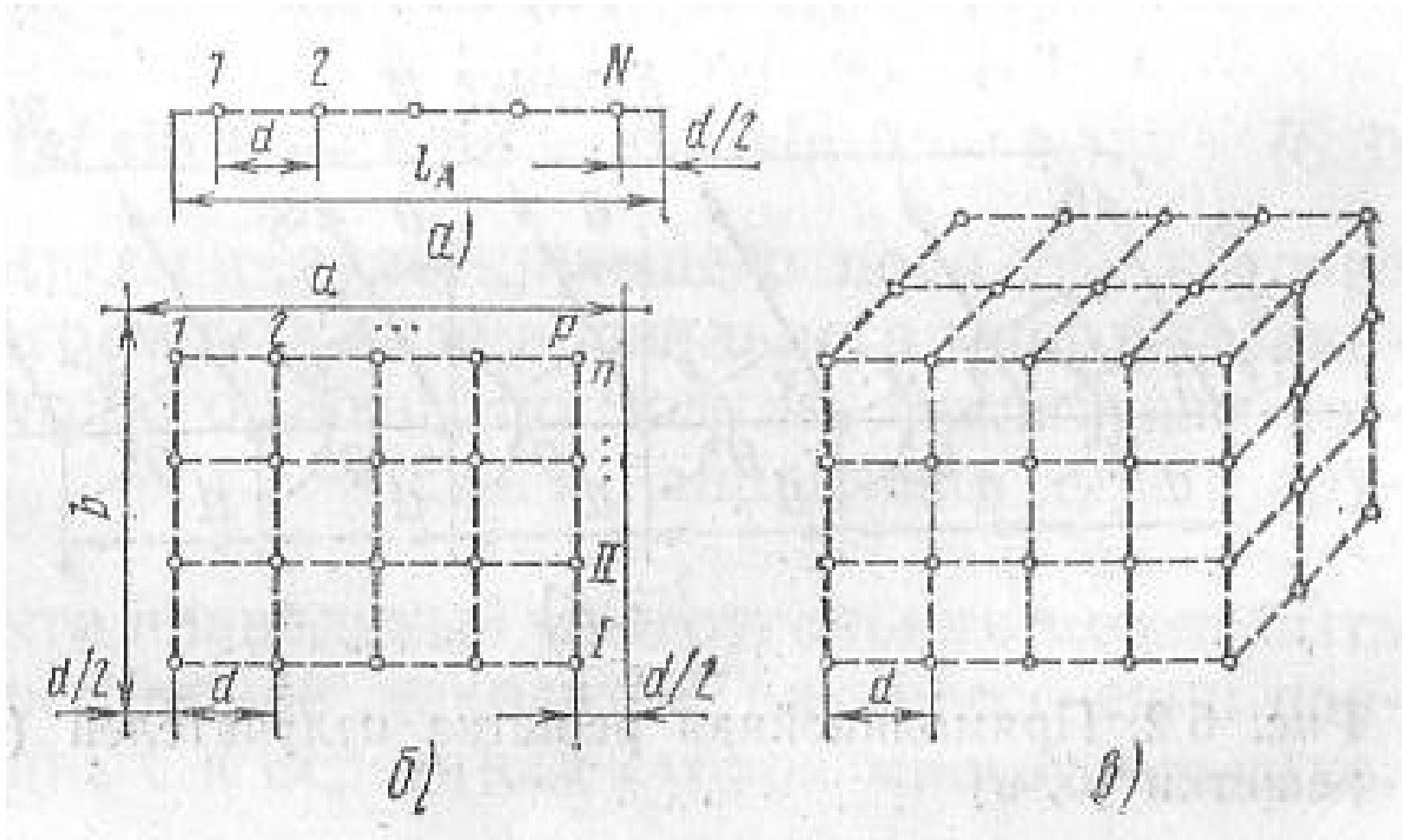
$$l_A = Nd,$$

$$a = pd;$$

$$b = nd,$$

d - відстань між центрами сусідніх випромінюючих елементів АР.

Загальні положення



Прямолінійна (а), плоска (б) та просторова (в) решітки випромінювачів

Загальні положення

3. **Еквідистантні** антенні решітки, в яких відстань між сусідніми випромінюючими елементами однакова, та **нееквідистантні** АР.
4. **Рівноамплітудні** системи випромінювачів, у яких амплітуди струмів у всіх елементах однакові, та **нерівноамплітудні**.
5. **Системи з синфазним збудженням елементів та з прогресивним набігом фази уздовж системи.**
6. **Системи з поперечним, похилим та поздовжнім випромінюванням.** У першому випадку максимум головної пелюстки (променя) ДН розташовано перпендикулярно, у другому – похило, а в третьому – співвісно до лінії розташування випромінювачів.

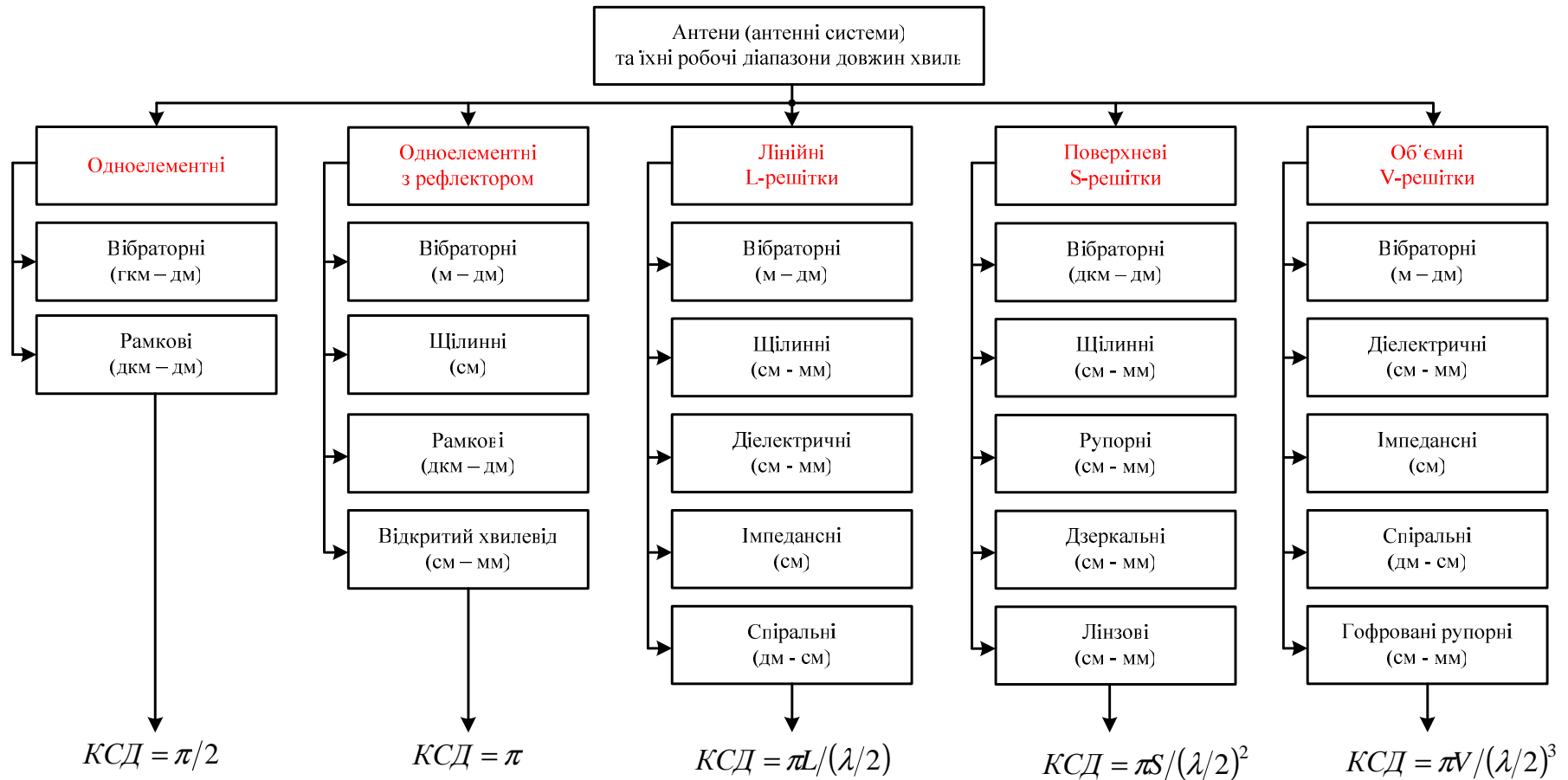
Професійні скорочення цих термінів:

Прямолінійна система – *лінійна*;

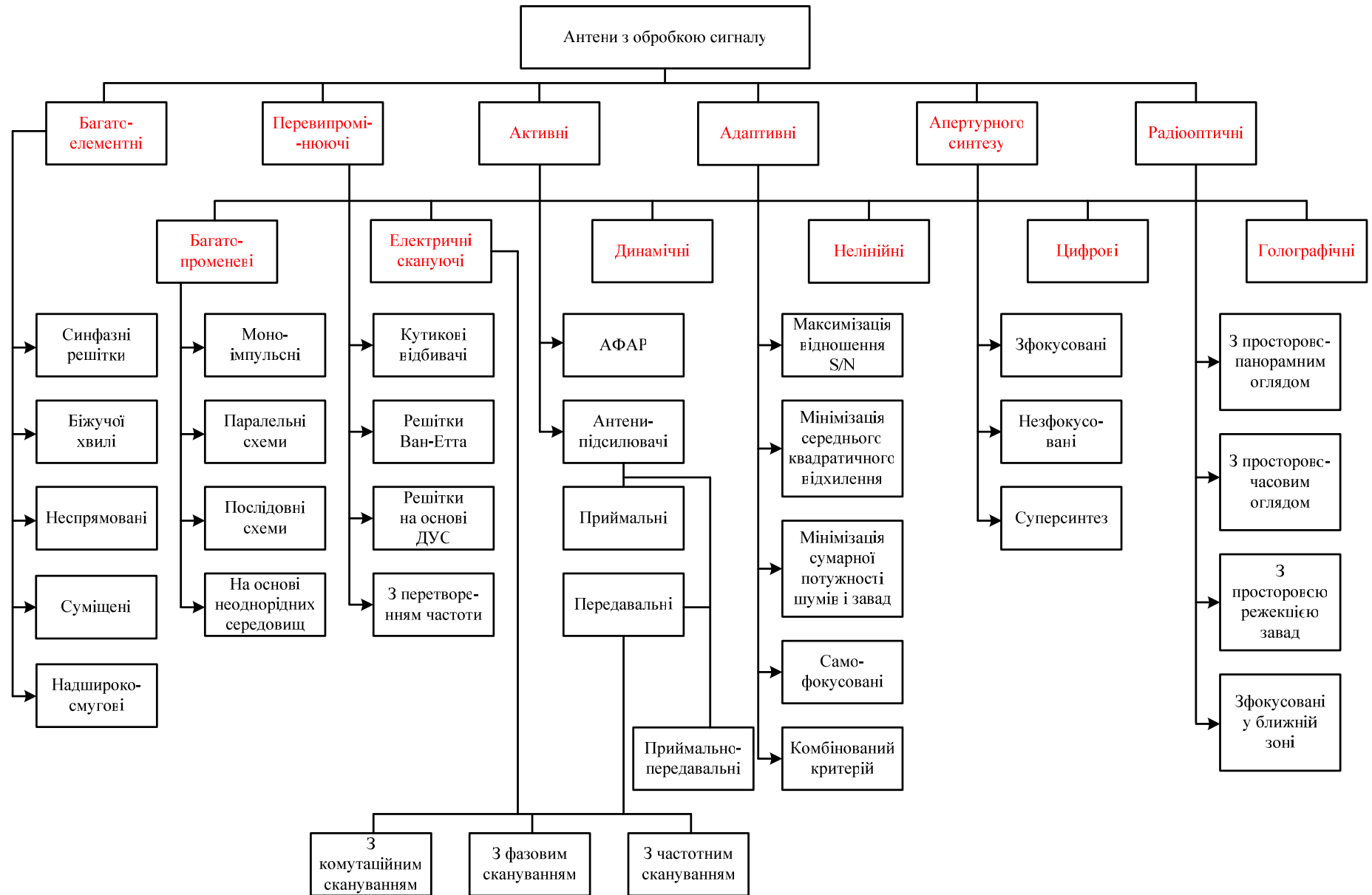
збудження з однаковими амплітудами та лінійно змінюваною фазою – *рівномірне*;

з однаковими фазами – *синфазне*; з лінійно зростаючим чи спадаючим набігом фази – *фазолінійне*.

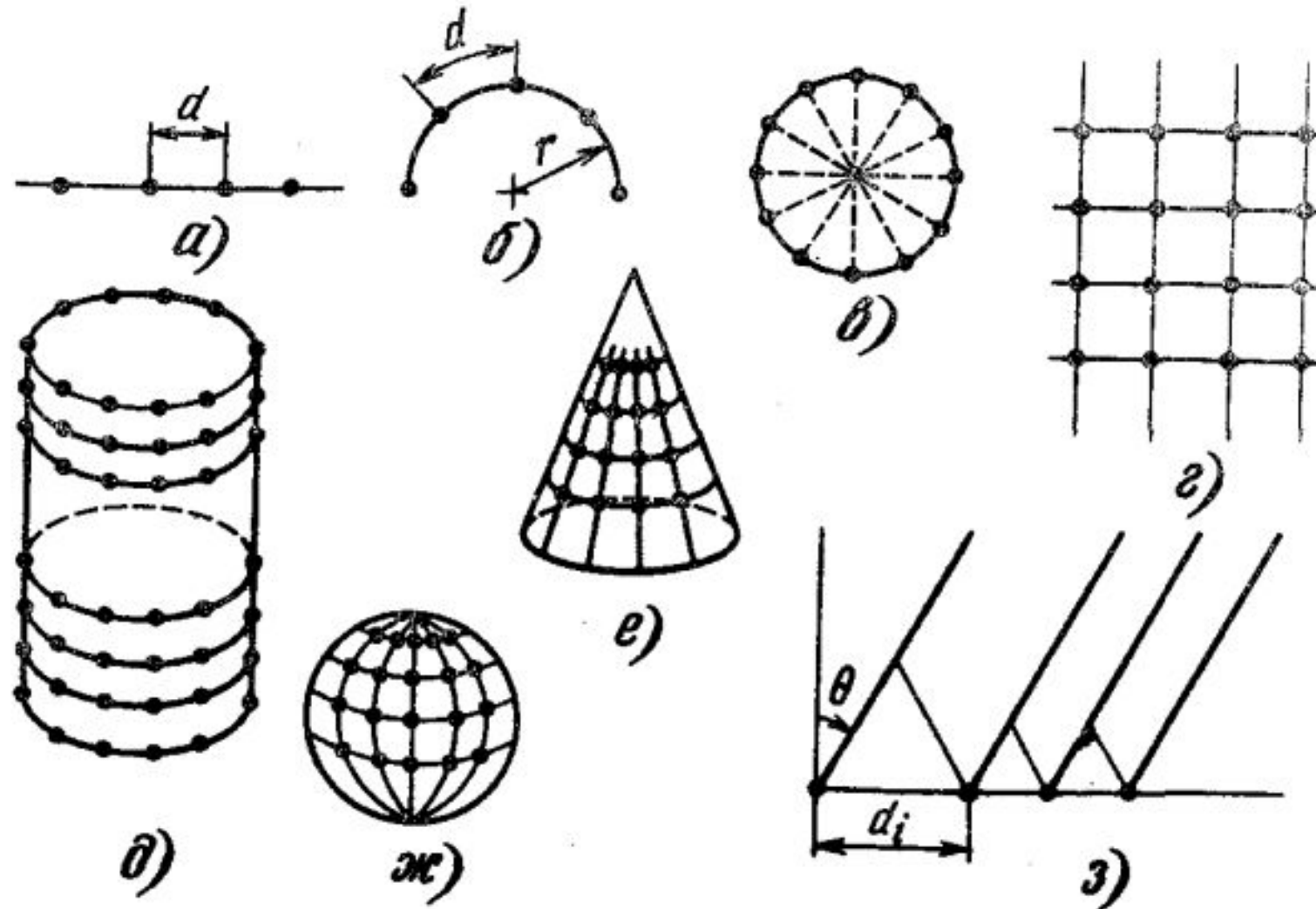
Максимально досяжні значення КСД антен



Класифікація антен з обробкою сигналів



Типи антенних решіток (за розташуванням випромінювачів у просторі)



Типи АР: а – лінійні; б – криволінійні; в, г – плоскі;
д – циліндричні; е – конічні; ж – сферичні; з – нееквідистантні

Типи антенних решіток

Залежно від розташування випромінювачів у просторі виділяють **випуклі антенні решітки** (конічні, циліндричні, сферичні, а також розташовувані на заданій випуклій поверхні носія – **конформні АР**).

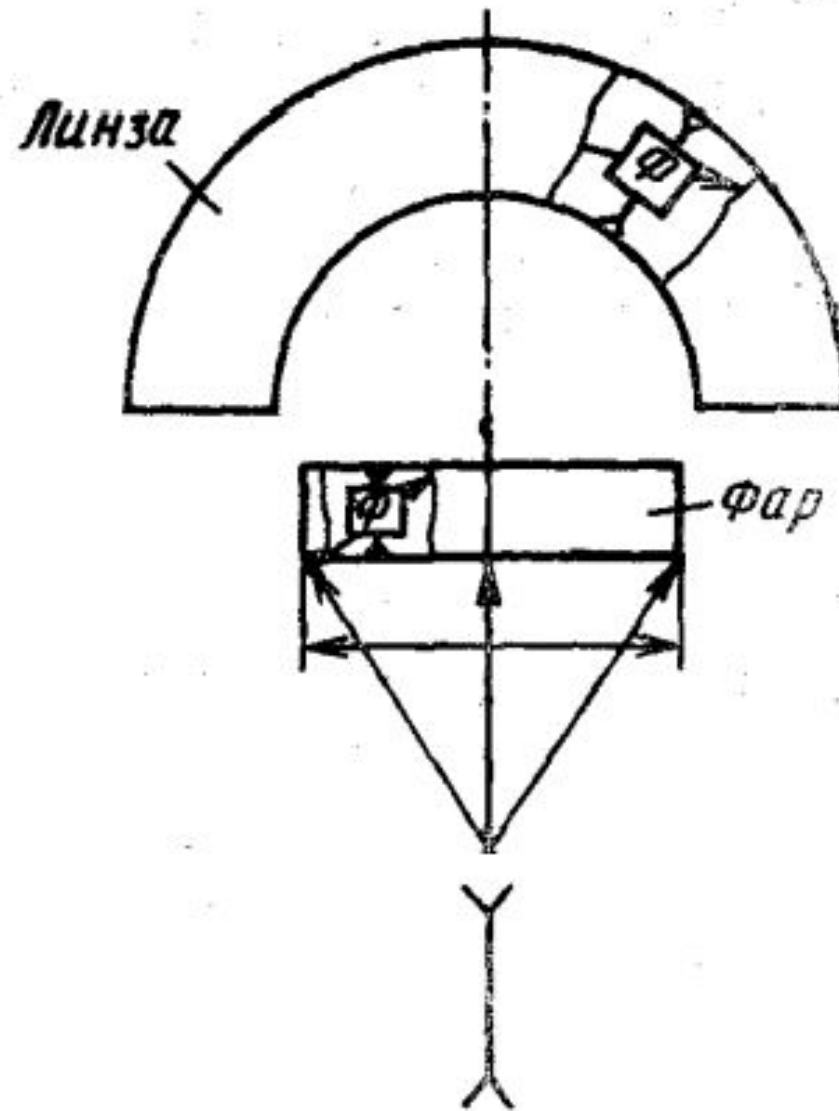
До випуклих АР відносять також **багатогранні АР** (слайд 13), які є просторовою системою плоских решіток, розташованих на гранях випуклих багатогранників (пірамід, призм тощо).

Плоскі АР мають обмежений сектор електричного сканування, з орієнтовним максимальним значенням сектора $\pm(40...50)$ градусів, зазвичай вузькосмугові.

Ширококутне електричне сканування, у т.ч. і круговий огляд, при роботі у широкій смузі, вимагає переходу від плоских до складніших випуклих АР.

Як своєрідний перехідний варіант між плоскими та випуклими АР є гібридна ФАР (слайд 8), яка дозволяє розширити сектор сканування плоскої решітки.

Типи антенних решіток



Гібридна ФАР

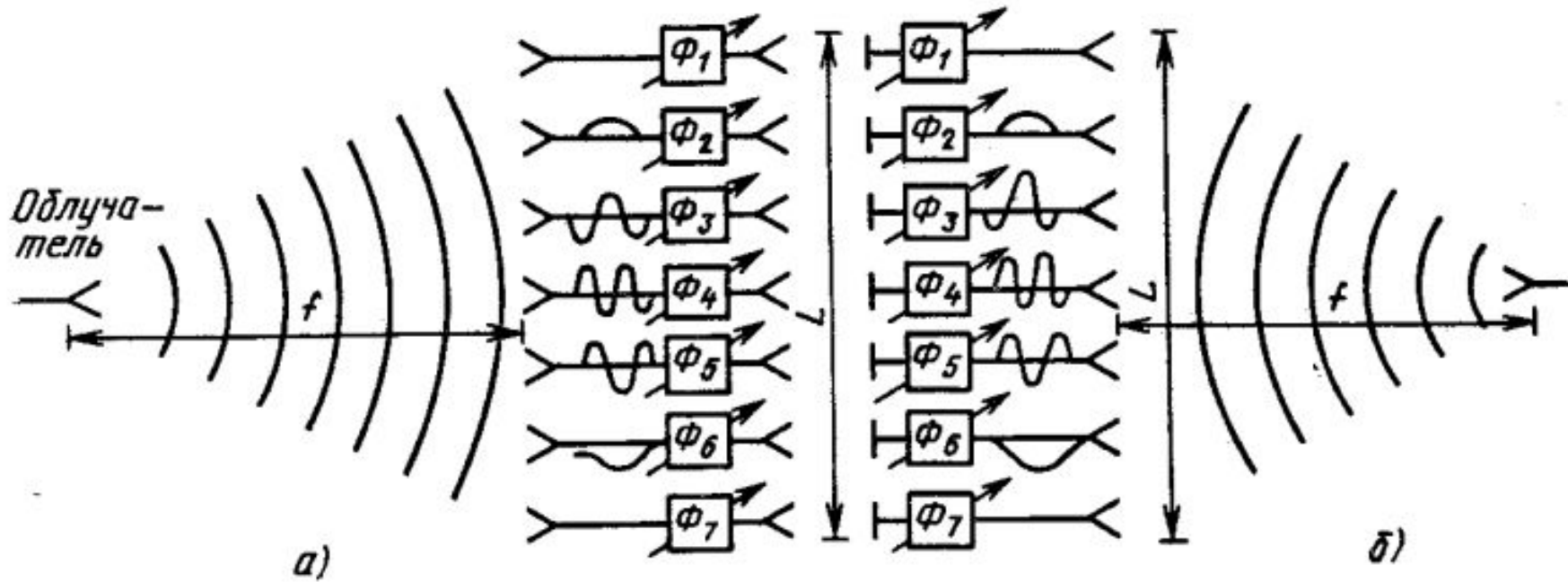
Типи антенних решіток (за способом збудження)

Тут АР бувають:

- з просторовим способом збудження, за якого АР, як і дзеркальну чи лінзову антену, збуджують опромінювачем (слайд 10: а – прохідного типу; б – відбивного типу);
- з фідерним збудженням, за якого АР збуджують системою ліній передач (слайд 11: в – послідовна ФАР; г – паралельна ФАР; д – двійково-поверхова ФАР (“ялинка”).

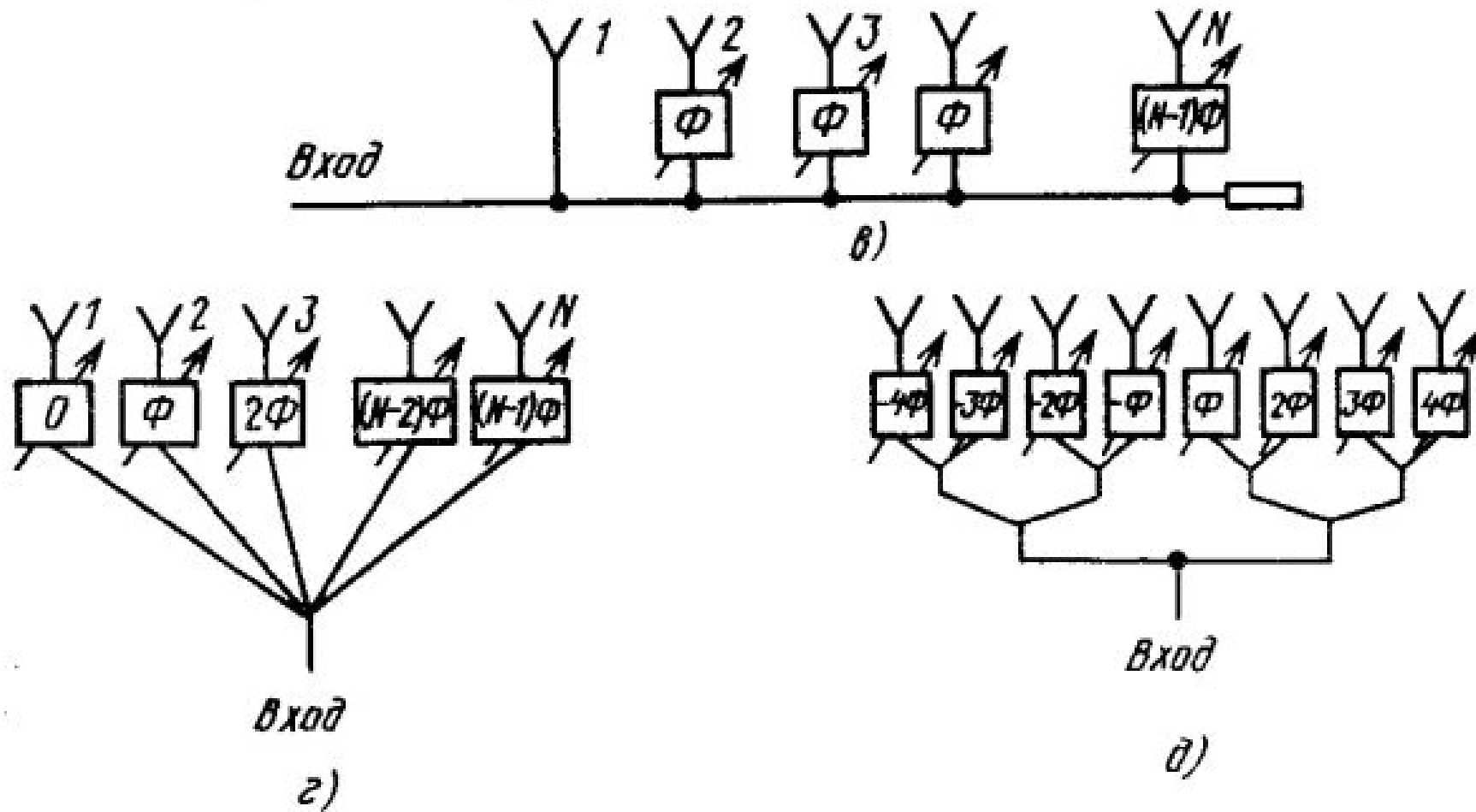
Кожен зі способів збудження має свої переваги та недоліки, і його вибір складає одну з задач проектування решіток.

Типи антенних решіток



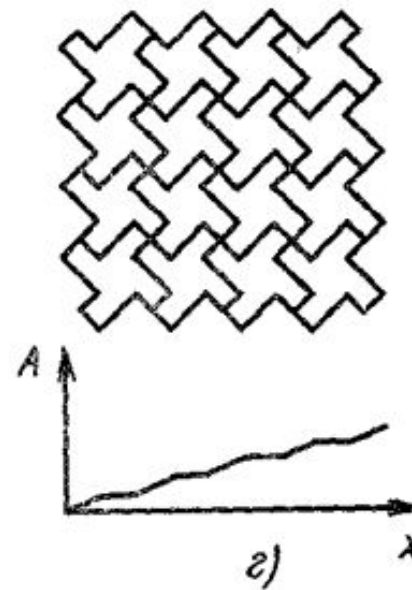
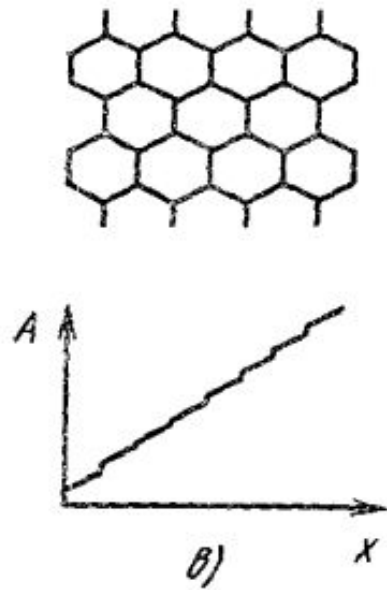
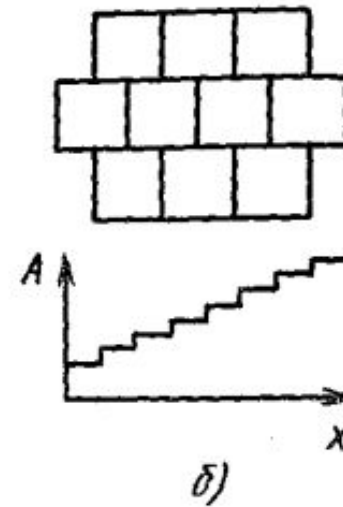
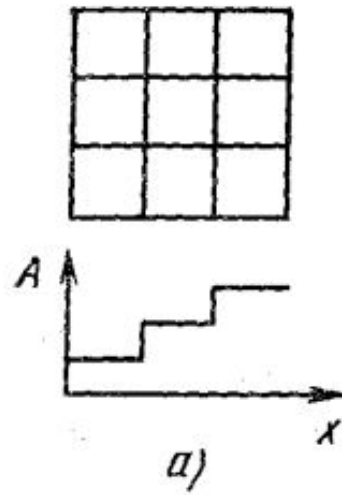
АР з просторовим збудженням

Типи антенних решіток



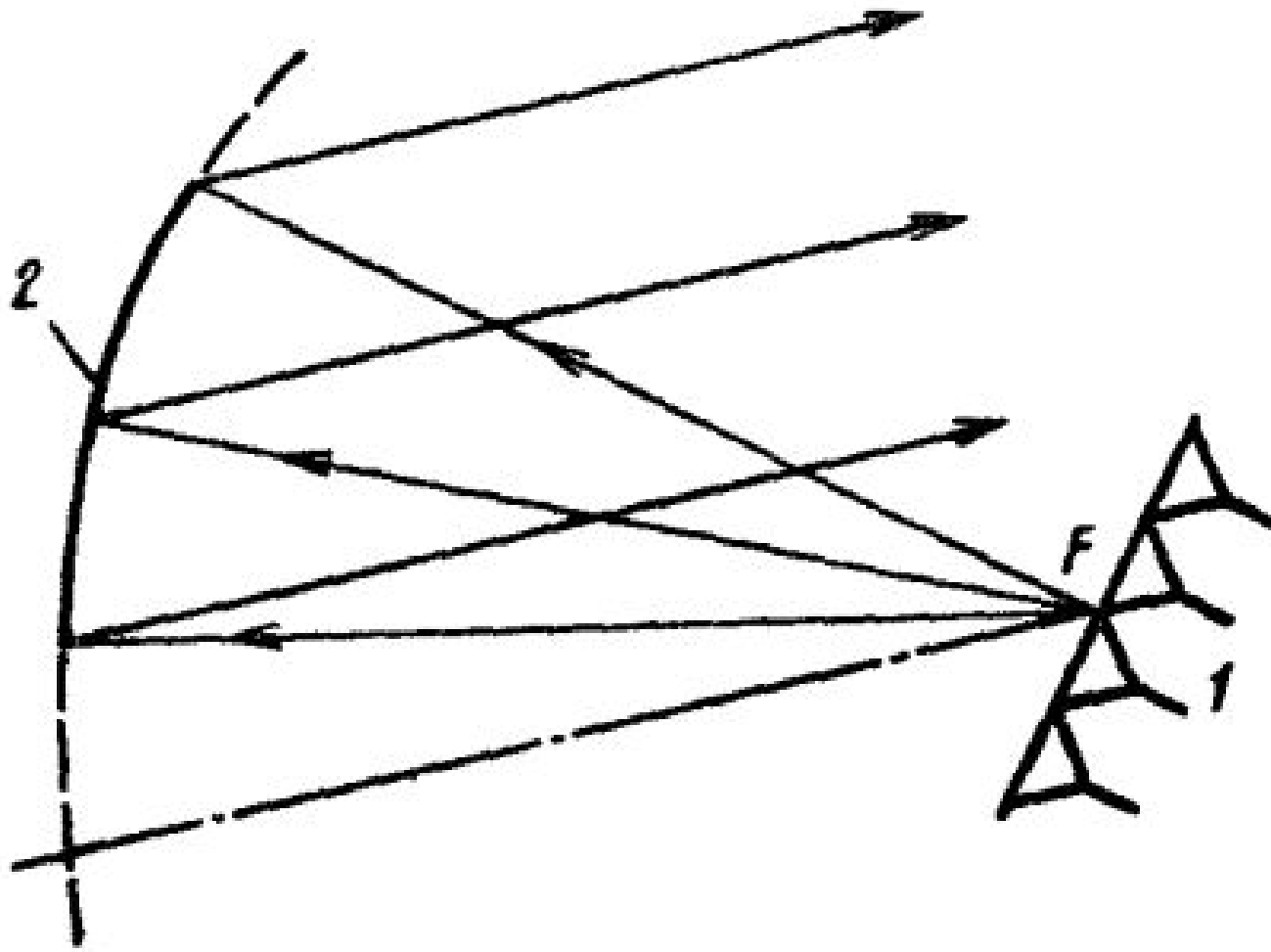
АР з фідерним збудженням

Типи антенних решіток



Амплітудний розподіл як функція розташування випромінювачів

Типи антенних решіток



Гібридна дзеркальна антена (1 – малоелементна ФАР; 2 – фокусує дзеркало)

Характеристики антенних систем

Розвиток антенних систем спричинив доповнення (а також перегляд) загальнопринятих характеристик:

- поляризація поля випромінювання;
- спрямованість дії;
- робоча смуга частот;
- енергетичні (гранична потужність антени, ККД, шумова температура)

такими як:

- характеристики керування;
- статистичні характеристики;
- динамічні характеристики;
- ЕПР;
- загальнотехнічні характеристики;
- експлуатаційні характеристики;
- економічні характеристики.

Зокрема антени з обробкою сигналу характеризують сектором сканування променя чи огляду простору, швидкістю (темпом огляду, час перемикання променя чи адаптації), точністю визначення кутових координат чи встановлення променя, рівнем придушення завад, потужністю керування тощо.

Характеристики антенних систем

Характеристики керування визначають залежності основних параметрів антен від керуючих впливів та допустимі їхні зміни.

Потребу врахування різні детерміновані та випадкові похибки великої кількості елементів антени призвела до створення статистичної теорії аналізу та синтезу антен. За цією теорією визначають деякі середні характеристики ансамблем однотипних антен або середні за будь-який інтервал час для однієї і тієї ж антени. За відомими законами розподілу випадкових величин і їхньою дисперсією в антені знаходять середні значення та флуктуації КСД, рівня бічних пелюсток, ширини та напряму променя тощо.

При цьому очікувані середні характеристики виявляються гірші ніж знайдені для ідеалізованих антен!

Тому статистичний аналіз дозволяє знайти реалізовані характеристики антен за заданої технології, елементної бази, способах побудови, керування променем, адаптації тощо.

Статистичний аналіз встановлює гранично досяжні характеристики антен за заданих факторах.

У передавальних АФАР доцільно ввести нову енергетичну характеристику:

потенціал решітки=КСД×потужність випромінювання.

Характеристики антенних систем

У динамічних АР, антенах з синтезованою апертурою поняття ДН у звичайному сенсі втрачає сенс. Тому вводять у розгляд такі поняття як “миттєва ДН”, “ефективна ДН” для заданого інтервалу спостереження та способу обробки сигналу.

Намагання створити “невидимі” для РЛС літальні апарати спричинило появу нової характеристики – її ефективної поверхні розсіяння.

Забезпечення ЕМС, завадозахищеності, прихованості, працездатності навігаційних РЛС на малих висотах – це все, у першу чергу, завдяки мінімізації рівня бічних пелюсток. З цією метою вводять диференціальні характеристики напрямленості: допустимий рівень пелюсток у певному кутовому секторі, чи рівень дифракційних, комутаційних чи інших пелюсток.

Забезпечення ЕМС РЕЗ призвело до обмеження на випромінювання антен за межами робочих частот, рівнів сигналів, секторів огляду тощо. Виникла потреба в аналізі нелінійних ефектів, які мають місце в антенах з обробкою сигналу.

І само собою, експлуатаційні та економічні характеристики, які враховують масу, габаритні розміри, вартість, надійність, довговічність, ремонтпридатність, метрологічну забезпеченість.

Характеристики антенних систем

Розвиток антенних систем спричинив доповнення (а також перегляд) загальнопринятих характеристик:

- поляризація поля випромінювання;
- спрямованість дії;
- робоча смуга частот;
- енергетичні (гранична потужність антени, ККД, шумова температура)

такими як:

- характеристики керування;
- статистичні характеристики;
- динамічні характеристики;
- ЕПР;
- загальнотехнічні характеристики;
- експлуатаційні характеристики;
- економічні характеристики.

Зокрема антени з обробкою сигналу характеризують сектором сканування променя чи огляду простору, швидкістю (темпом огляду, час перемикання променя чи адаптації), точністю визначення кутових координат чи встановлення променя, рівнем придушення завад, потужністю керування тощо.