# МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ

Мощность излучения  вместе с чувствительностью  определяют энергетический потенциал РЛС, от которого при прочих заданных параметрах, входящих в уравнение дальности, зависит максимальная дальность действия РЛС.

Для увеличения дальности действия РЛС безразлично, повышать мощность излучения или улучшать чувствительность приемника.

На практике используют обе эти возможности с учетом ограничений физического, технического и экономического характера.

Увеличение импульсной мощности может производится до известных пределов. Ограничивающими факторами здесь являются:

- электрическая прочность фидерного тракта;

- стоимость передающих устройств и величина эксплуатационных расходов;

- уровень допустимых по технике безопасности СВЧ и рентгеновских излучений;

- наличие соответствующих мощных генераторных или усилительных приборов СВЧ и т.д.

Для преодоления некоторых ограничений в мощных РЛС используют несколько передатчиков, работающих на одну антенну. Чтобы не перегружать волноводный тракт, передатчики часто работают с небольшим временным сдвигом между зондирующими импульсами и с разносом частот. В некоторых случаях используют сложные сигналы значительной длительности с последующим сжатием их во времени в приемнике, для восстановления удовлетворительной разрешающей способности по дальности.

Нижняя граница излучаемой мощности определяется ограничениями на достижимую чувствительность приемника, который должен иметь приемлемые стоимость, сложность, надежность, весогабаритные показатели и т.д.

В любом случае разработчик должен стремиться к всемерному сокращению необходимой мощности излучения. Пиковая мощность излучения  (в импульсных РЛС) связана со средней мощностью излучения  формулой

. (1)

В табл. 1 приведены значения предельных пиковых плотностей потока мощности СВЧ-энергии в волноводах.

Допустимая пиковая плотность потока мощности  связана с предельным значением пиковой плотности потока мощности  соотношением

. (2)

Таким образом, импульсная мощность

, (3)

где  - поперечное сечение волновода.

Таблица 1. Значения предельных пиковых плотностей потока мощности СВЧ-энергии

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Волновод прямоугольный | | Волновод круглый | |
| Тип волны | , кВт/см2 | Тип волны | , кВт/см2 |
|  | 406 |  | 505 |
|  | 467 |  | 397 |
|  | 416 |  | 401 |

При выборе типа генераторного прибора мощного передатчика РЛС (автогенератора) можно использовать табл. 2, где приведены значения достигнутых к настоящему времени мощностей в непрерывном режиме работы ил средних мощностей при работе в импульсном режиме.

Таблица 2. Предельные характеристики генераторных приборов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип**  **генераторного прибора** | **Длина волны**  **λ, см** | **Относительная полоса**  ***f/f*, %** | **Усиление**  ***Kp*, дБ** | **КПД**  **η, %** | **Мощность непрерывной генерации, кВт** | **Импульсная мощность**  ***P*и, МВт** | **Режим работы** | **Примечание** |
| ЛБВ | 0.8…150 | 10  30 | 50  30 | 20…25 | Десятки | Единицы | Непрерыв.  Импульсн. | Автогенератор или усилитель |
| МРК | 1…150 | 1…5 | 45…60 | 35…40 | 50…100 | Единицы, десятки | Непрерыв.  Импульсн. | Усилитель |
| Магнетрон | 0.5…50 | - | - | 70 | 0.1…100 | 0.05…20 | Непрерыв.  Импульсн. | Автогенератор |
| Амплитрон | 0.5…50 | 10 | 8…20 | 70 | 0.02…400 | 0.04…20 | Непрерыв.  Импульсн. | Автогенератор или усилитель |
| ЛОВ-М | 2…200 | Широкополосный | - | 40 | 1.5…4 | Единицы кВт | Непрерыв.  Импульсн. | Автогенератор |

*Лампы бегущей волны* (ЛБВ) используются как автогенераторы и как промежуточные и оконечные усилители в передатчиках РЛС. Они отличаются широкополосностью, что позволяет формировать сложные зондирующие сигналы, а также использовать их как духчастотные задающие генераторы.

*Многорезонаторные клистроны* (МРК) – мощные электронные приборы СВЧ, работающие в режиме усиления мощности. Это обусловлено большим коэффициентом усиления по мощности и малым влиянием нагрузки клистрона на стабильность частоты возбудителя. МРК узкополосны, обладают высокой стабильностью колебаний в режиме автогенерации и имеют возможность механической перестройки в пределах 20…40 % от средней частоты.

*Магнетроны* отличаются простотой конструкции, сравнительно низкими рабочими напряжениями, однако обладают невысокой стабильностью генерируемых колебаний. В режиме синхронизации стабильность колебаний может быть существенно улучшена, так как будет определяться стабильностью синхронизирующего генератора (возбудителя), мощность которого на 10…20 дБ ниже выходной мощности магнетрона. Синхронизированный магнетрон с коэффициентом усиления 20…30 дБ может конкурировать в каскадах с усилителями мощности на МРК.

*Амплитроны*, используемые в качестве усилителей СВЧ-колебаний, сочетают в себе достоинства магнетрона (высокий КПД, большие выходные мощности и т.д.) и ЛБВ (широкополосность). Высокая фазовая стабильность усиливаемых колебаний позволяет успешно использовать их в передатчиках РЛС с селекцией движущихся целей (СДЦ). Амплитроны используются в передатчиках с импульсной и угловой модуляцией в промежуточных и, главным образом, в оконечных каскадах. При наличии обратной связи амплитрон может работать как стабильный автогенератор. Благодаря широкополосности его используют иногда для одновременного генерирования двухчастотного сигнала. Основной недостаток амплитрона – невысокий коэффициент усиления.

*Лампа обратной волны типа* М (ЛОВ-М) – наиболее мощный широкополосный автогенератор с линейной перестройкой по частоте за счет изменения напряжения на замедляющей структуре. Диапазон линейной перестройки достигает 30 % от средней частоты. Прибор компактен, имеет малую потребляемую мощность. Используется ЛОВ-М в радиолокационных системах для создания сложных сигналов (например, частотно-модулированных), системах радиопротиводействия и т.д.

*Лавинно-пролетные диоды* (ЛПД) предназначены в основном для работы в импульсном режиме. При мощности более 100 Вт в импульсе обычно  мкс. С увеличением  снижается мощность и КПД передатчика. Наилучшие показатели ЛПД имеют в диапазоне 1…3 Гц. В этом диапазоне в режиме TRAPATT на частоте 1.11 ГГц достигнута наибольшая мощность в импульсе, равная 1.2 кВт при шести последовательно включенных структурах. В режиме TRAPATT частотный диапазон работы ЛПД простирается до 360 ГГц. В непрерывном режиме мощность СВЧ-колебаний, создаваемых ЛПД, не превышает нескольких ватт.

*Диоды Ганна* используются в импульсном и непрерывном режимах автоколебаний. При импульсной работе на частоте 1.75 ГГц импульсная колебательная мощность достигает 6 кВт, на частоте 7 ГГц – 2 кВт, а на частоте 16 ГГц – 150 Вт. Частотный диапазон работы диодов Ганна простирается до 100 ГГц.

Выбор для передатчика генераторного или усилительного прибора в выходном каскаде является важным вопросом при проектировании радиолокационной системы.

Если оконечным каскадом является автогенератор, то особое внимание должно быть уделено стабильности частоты и мощности, характеристикам перестройки частоты, а в приемнике зачастую приходится применять автоматическую автоподстройку частоты гетеродина для стабилизации промежуточной частоты.

В передатчиках с маломощным задающим генератором и усилителем колебаний по мощности легче обеспечить высокостабильные по частоте колебания и быструю перестройку путем переключения нескольких маломощных задающих генераторов. Частоту гетеродинов здесь можно сформировать с любой желаемой точностью. Когерентные последовательности импульсов формируются, как правило, в передатчиках на маломощных высокостабильных задающих генераторах с последующим умножением частоты и усилением по мощности. В таких передатчиках легче обеспечивается формирование сложных сигналов.

Если вычисленная мощность излучения окажется неприемлемо большой, следует пересмотреть требования к чувствительности приемника, и, наоборот, при скромных значениях требуемой мощности излучения можно пойти на ее увеличение, если это существенно упростит приемник, снизит его стоимость.

Если же требования к мощности излучения и чувствительности приемника окажутся неприемлемыми, необходимо пересмотреть требования к режиму обзора и форме ДН с целью увеличения КНД антенны и времени облучения цели.