

тах осциллографич. трубок; в приборах типа ЛОВ используют синхронизм с обратными ПГ.

Эффективность взаимодействия ВЧ-поля с движущимися частицами в З. с. характеризуется в электронных СВЧ-приборах сопротивлением связи $R_{св} = |E_m|^2 / 2\beta_m^2 P$, а в ускорителях — шунтовым сопротивлением $R_m = |E_m|^2 / 2\alpha P$, где P — поток энергии через поперечное сечение З. с., E_m — компонента поля синхронной гармоники, действующая на заряд. частицы, α — коэф. затухания волн.

Важной особенностью нормальных волн в любой периодич. системе являются частотные полосы непропускания, когда $\text{Im}\beta_m \neq 0$ даже в системах без потерь. Это одномерный вариант отражения, возникающего в произвольных периодич. решётках (см. *Брэгга—Вульфа условие*).

Любую систему, направляющую волны, фазовая скорость которых меньше скорости однородной волны в окружающем свободном пространстве, можно отнести к З. с., независимо от её назначения. Сюда, в частности, относятся все типы *волноводов диэлектрической*, а также системы, направляющие поверхностные волны.

Лит.: Сидин Р. А., Сазонов В. П., Замедляющие системы, М., 1966; Педфедов Е. И., Фиалковский А. Т., Полосовые линии передачи, 2 изд., М., 1980, П. Ф. Ковалев, Р. А. Сидин.

ЗАМИРАНИЕ (феддинг) — случайное изменение уровня принимаемого радиосигнала, обусловленное вариациями параметров среды, в которой он распространяется.

Быстрые (длительностью от долей до десятков с) интерференц. З. обусловлены случайными изменениями фазовых соотношений между отд. составляющими в принимаемом многолучевом сигнале (см. *Интерференция радиоволн*). Многолучевая структура сигнала формируется из волн, приходящих в точку приёма

тоте, пространству, или при приёме излучения на две антенны разной поляризации. Принято считать, что З. статистически независимы на нек-ром масштабе $\xi_k = \{\tau_k, f_k, l_k\}$ (τ_k, f_k, l_k — радиусы временной, частотной и пространств. корреляции З.), при котором соответствующая нормированная ф-ция корреляции убывает до значения $e^{-1} \approx 0,37$. Экспериментально измеренные значения ср. величин τ_k, f_k, l_k для разл. радиолиний, а также тип соответствующей ф-ции распределения З. сигналов приведены в табл.

Медленные (от единиц до десятков мш) З. в основном обусловлены случайными изменениями рефракции в тропосфере, фокусировкой и дефокусировкой радиоволн крупномасштабными неоднородностями ионосферы, кратковрем. поглощением радиоволн и т. п. Как правило, медленные З. радиосигналов подчиняются логарифмически нормальному распределению флуктуаций. Радиусы пространственной, частотной, временной корреляции медленных З. на порядок и более превосходят соответствующие значения этих параметров для быстрых З.

З. сигнала могут существенно снижать устойчивость работы радиолиний. Для борьбы с З. широко используют пространств., частотное и временное разнесение каналов приёма (передачи) информации. Этот способ борьбы с З. является эффективным, если разнесение каналов превосходит соответств. радиус корреляции З. принимаемого радиозлучения.

Лит.: Калинин А. И., Черенкова Е. Л., Распространение радиоволн и работа радиолиний, М., 1971; Духанов М., Флуктуационные процессы при распространении радиоволн, М., 1971; Дэвис К., Радиоволны в ионосфере, пер. с англ., М., 1973; Калинин А. И., Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний, М., 1973; Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ, под ред. У. К. Джейкса, пер. с англ., М., 1979.

В. А. Алимов.

Тип радиолинии	Тип распределения замираний сигнала	τ_k , сек	f_k , МГц	l_k
РРЛ с интервалами в пределах прямой видимости над морской поверхностью ($f=1000-6000$ МГц)	$W(A) = \frac{A}{\pi} \arccos\left(1 - \frac{A^2}{2}\right)$	1—10	$(2-5) \cdot 10^{-2} f$	$(140-160) \lambda$
Тропосферные РРЛ ($f=400-5000$ МГц)	рэлеевское обобщённое рэлеевское	$10^{-1}-10$	$(2-5) \cdot 10^{-2} f$	$(70-100) \lambda$
КВ-радиолинии ($f=3-30$ МГц)		$10^{-1}-10$	$10^{-4}-10^{-2}$	$(10-25) \lambda$
Линии ионосферного рассеяния ($f=30-60$ МГц)	рэлеевское	0,2—0,3	$(5-10) \cdot 10^{-3}$	$(7-10) \lambda$
Линии ракурсного рассеяния радиоволн искусственными неоднородностями ионосферы	рэлеевское	0,2—0,5	$(1-3) \cdot 10^{-3}$	$(4-5) \lambda$
Радиолинии космической связи: геостационарный ИСЗ—самолёт ($f=200-400$ МГц, скорость самолёта 800 км/час)	обобщённое рэлеевское	1—5	$(2-10) \cdot 10^{-2}$	—
Радиолинии городской связи с подвижными объектами ($f=300-3000$ МГц, скорость объекта ~40 км/час)	рэлеевское	$5 \cdot (10^{-3}-10^{-2})$	$10^{-1}-10$	$(1-30) \lambda$

по разл. путям в процессе *распространения радиоволн* в среде: прямая волна и волна, отражённая от земной поверхности, в радиорелейных линиях связи (РРЛ), множество волн, переизлученных неоднородностями тропосферы и ионосферы, и т. п. Фазовые соотношения между отд. лучами в принимаемом многолучевом сигнале могут изменяться за счёт случайных пространств-вещно-временных вариаций диэлектрич. проницаемости среды, а также за счёт движения одного или обоих корреспондирующих пунктов. Разновидностью быстрых интерференц. З. являются поляризац. З. сигнала, обусловленные изменениями фазовых соотношений между отд. лучами с разл. поляризацией в многолучевом сигнале, принимаемом на антенну с заданной поляризацией излучения.

Быстрые З. сигнала описываются ф-циями распределения и ф-циями корреляции (временной, частотной, пространственной, поляризационной) огибающей сигнала, характеризующими глубину и статистич. связь между З. в двух точках, разнесённых во времени, час-

ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА — то же, что *изолированная система*.

«ЗАМОРАЖИВАНИЕ» ОРБИТАЛЬНЫХ МОМЕНТОВ — эффект, обусловленный действием неоднородного электрич. поля кристаллич. решётки на движение электронов внутр. незаполненных электронных слоёв парамагн. ионов [1]: ср. значение проекции орбитального магн. момента этих электронов на направление внеш. магн. поля оказывается равным нулю, вследствие чего их орбитальные моменты не дают вклада в результирующий магн. момент кристалла (орбитальные магн. моменты электронов как бы «замораживаются» сильным внутрискристаллическим полем, и их направление нельзя изменить более слабым действием внешнего магнитного поля). Для реализации этого эффекта необходимо, чтобы энергия взаимодействия орбитального момента с внешним магнитным полем Δ_H была значительно меньше величины расщепления уровней $\Delta_{кр}$, обусловленного действием *внутрискристаллического поля*.