

мостью получения определённого распределения фаз в фазокодированном сигнале (рис. 6, б). Дисперс. УЛЗ, применяемые для пассивного формирования и сжатия частотно-модулированных (ЧМ) сигналов, позволяют относительно просто задавать как линейный, так и нелинейный законы частотной модуляции, обеспечивая любой (положит. или отрицат.) наклон дисперсионной характеристики (рис. 7). Дисперсия здесь имитируется благодаря разнице в расстояниях между участками входной и выходной решёток, работающими на разных частотах. Такие УЛЗ формируют ЧМ-сигналы длительностью до 200—250 мкс, $\Delta f/f_0$ может составлять до 0,5—0,6. При использовании этих УЛЗ для формирования и последующего сжатия ЧМ-сигналов (оптимальная фильтрация) коэф. сжатия (произведение длительности ЧМ-сигнала на полосу пропускания) может достигать 1000. Известны также дисперсионные УЛЗ, у к-рых входом и выходом служат две эквидистантные решётки, а эффект дисперсии имитируется с помощью двух отражающих неэквидистантных решёток, выполненных в виде двух рядов отражающих элементов (канавок, металлич. полосок и др.), расположенных под углом 90° друг к другу и под углом 45° к направлению распространения ПАВ. Такие УЛЗ также могут формировать ЧМ-сигнал с любым знаком дисперсионной характеристики и обеспечивают длительность ЧМ-сигнала до 400 мкс, а коэф. сжатия — до 5000.

Волноводные УЛЗ составляют третью группу УЛЗ. Они работают на объёмных волнах, распространяющихся в звукопроводе, размеры сечения к-рого соизмеримы с λ . К ним относятся полосковые (ленточные) УЛЗ, в к-рых используются продольные и поперечные волны, и проволочные УЛЗ, в к-рых используются продольными и преим. крутильными волнами. Такие УЛЗ работают на частотах до 10—15 МГц и обеспечивают задержку до 100 мкс и более (на частотах порядка 1—3 МГц). Величина $\Delta f/f_0$ у них достигает 0,5, а D составляют до 30—40 дБ. В полосковых УЛЗ используются поперечные упругие волны с направлением поляризации вдоль ширины ленты (поперечная нормальная нулевая волна). В случае распространения в ленточном звукопроводе продольных волн или поперечных с поляризацией по толщине ленты (первая нормальная поперечная волна) возникает эффект дисперсии. Относит. низкочастотность таких УЛЗ и соответственно их узкополосность сделали возможной практически почти полную замену их цифровыми устройствами. Исключение пока составляют полосковые дисперсионные УЛЗ с использованием отражающих структур типа IMCON, работающих на недисперсионных поперечных волнах, поляризованных по ширине ленты (нормальная нулевая волна). Эффект дисперсии здесь создаётся двумя отражающими неэквидистантными решётками с канавками, по конфигурации и взаимному расположению не отличающимися от показанных на рис. 8. Звукопроводом в этих УЛЗ служит металлич. лента толщиной $\lambda/2$. Преобразование на входе и выходе УЛЗ осуществляется двумя пьезопластинками, закреплёнными (приклеяка или припайка) на торце ленты вблизи от мест расположения встречно-штыревых преобразователей. Дисперсионные узлы УЛЗ типа IMCON работают на частотах до 20—30 МГц, с относит. полосой пропускания до 0,5 и могут обеспечить коэф. сжатия примерно до 1000. Однако с развитием высокочастотных аналого-цифровых преобразователей можно и здесь ожидать перехода на цифровые устройства.

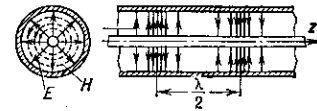
Рис. 8. Дисперсионная линия задержки с отражающими канавками.

Рис. 8. Дисперсионная линия задержки с отражающими канавками. На рисунке изображена трехмерная модель звукопровода (ленты) с канавками. Канавки расположены поперек ленты. Направление распространения волны обозначено стрелками. Выходы ленты обозначены как 'Вых'.

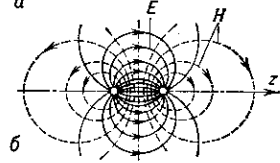
Лит.: Физическая акустика, под ред. У. Мэсона, пер. с англ., т. 1, М., 1966; Соколинский А. Г., Сухаревский Ю. М., Магнитные ультразвуковые линии задержки, М., 1966; Пьезополюпроводниковые преобразователи и их применение, М., 1973; Каринский С. С., Устройства обработки сигналов на ультразвуковых поверхностных волнах, М., 1975; Такер Дж., Рэмpton В., Гиперзвук в физике твердого тела, пер. с англ., М., 1975; Фильтры на поверхностных акустических волнах, под ред. Г. Мэттьюза, пер. с англ., М., 1981. А. Г. Соколинский.

ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ (длинные линии) — системы, состоящие из двух или неск. параллельных проводников и предназначенные для передачи по ним эл.-магн. энергии. Поперечные размеры таких Л. п. малы по сравнению с продольными, а часто и по сравнению с длиной волны λ передаваемых колебаний (отсюда и термин «длинные линии»). Впервые Л. п. появились в 30-х гг. 19 в. в телеграфии, а в кон. 19 в. их стали применять для передачи энергии перем. тока. Различают экранированные Л. п. (напр., коаксиальный кабель) и открытые Л. п. (напр., двухпроводная Л. п., состоящая из двух параллельных проводников). Иногда под Л. п. понимают любые системы, позволяющие передавать энергию пост. или перем. токов и включающие в себя не только многопроводные Л. п., но и разл. волноводы, квазиоптич. и оптич. Л. п. (см. *Квазиоптика*) и др.

В идеальной Л. п. без потерь распространяются только такие волны, в к-рых эл. и магн. поля строго поперечны (ТЕМ-моды, см. *Волновод металлический*). Распределение этих полей по сечению в точности повторяет распределение эл. и магн. полей конденсатора и магн. поля Л. п. в системе цилиндрич. проводников с продольными токами (рис.). В многопроводных Л. п. существует N независимых решений (N — число



Структура электрического E и магнитного H полей в линиях передачи: а — в коаксиальном кабеле (поперечное и продольное сечения); б — в двухпроводной линии (поперечное сечение).



проводников), им соответствует N независимых мод. Одну из них (для к-рой суммарный заряд всех проводников отличен от нуля) в системе с идеальными проводниками реализовать нельзя, т. к. она переносит бесконечно большой поток энергии, поэтому в N -проводной линии может распространяться $N-1$ независимых мод. Это обстоятельство используют для многоканальной передачи в многопроводных Л. п. Все ТЕМ-моды распространяются со скоростью света в заполняющей Л. п. среде. Благодаря квазистатич. структуре полей при описании процессов в Л. п. можно оперировать не с полями, а с зарядами Q , токами I и напряжениями V . Соответствующие ур-ния наз. телеграфными уравнениями, для двухпроводной идеальной линии в СИ они имеют вид

$$\frac{\partial I}{\partial z} = C \frac{\partial V}{\partial t}, \quad \frac{\partial V}{\partial z} = -L \frac{\partial I}{\partial t}, \quad (*)$$

где L и C — погонные индуктивность и ёмкость Л. п., z — координата, t — время. Общее решение ур-ний (*) для пост. L и C представляет собой суперпозицию волн: $I = A \exp(i\omega t \pm ikz)$, $V = AZ_B \exp(i\omega t \pm ikz)$, где $k = \omega/v = 2\pi/\lambda$, $v = (LC)^{-1/2}$ — скорость распространения волн в заполняющей Л. п. среде, $Z_B = (L/C)^{1/2}$ — волновое сопротивление Л. п. Оптимальная передача энергии осуществляется в режиме бегущей волны, когда Л. п. нагружена на сопротивление, равное волновому.

Однородные потери в среде не изменяют структуру поля ТЕМ-моды, но помимо ослабления сигнала вносят фазовые искажения из-за дисперсии (волны разных частот распространяются с разными фазовыми скорос-