

интегрирования γ_{12} выбирают лежащим в этом же сечении ($V_{12} = \int_{\gamma_{12}} \mathbf{E} d\mathbf{l}$, $\gamma_{12} \in S_n$).

Поверхностный (полевой) импеданс \hat{Z} вводят для монохроматич. эл.-магн. полей $\mathbf{E}(\mathbf{r})\exp(i\omega t)$, $\mathbf{H}(\mathbf{r})\exp(i\omega t)$ на любой условной поверхности S след. образом:

$$\mathbf{E}_\tau = \hat{Z} [\mathbf{H}_\tau \mathbf{n}]_S, \quad (2)$$

где \mathbf{E}_τ , \mathbf{H}_τ — тангенц. составляющие напряжённостей электрич. и магн. поля, \mathbf{n} — единичная нормаль к S , её направление выбирают обычно так, чтобы проекция на неё среднего по времени потока энергии (вектора Пойнтинга $\Pi = (c/8\pi)\text{Re}[\mathbf{E}\mathbf{H}^*]$) была положительна.

Входящий в (2) И. \hat{Z} в общем случае является тензором, компоненты к-рого зависят от поляризации поля. В тех случаях, когда \mathbf{E}_τ и \mathbf{H}_τ взаимно перпендикулярны, вводят скалярный полевой И. Z . В гауссовых единицах полевой И. безразмерен, а в СИ имеет размерность сопротивления. Иногда для И. в системе единиц Гаусса используют выражение $\hat{Z}' = 4\pi\hat{Z}/c$, при этом \hat{Z}' имеет размерность сопротивления.

Эл.-магн. волны разных типов (моды) характеризуются разл. полевыми И., задаваемыми на волновых фронтах. Так, для поперечной плоской волны (типа ТЕМ), распространяющейся в направлении \mathbf{n} в изотропной среде или в волноводе, $Z_{ТЕМ} = (\mu_0/\epsilon_0\epsilon)^{1/2}$ (μ , ϵ — относительные магн. и диэлектрич. проницаемости среды, ϵ_0 , μ_0 — проницаемости вакуума, в системе единиц Гаусса $\epsilon_0 = \mu_0 = 1$). В вакууме $Z_{ТЕМ}^0 = 120\pi$ Ом, эта размерная константа наз. х а р а к т е р и с т и ч. и м п е д а н с о м вакуума (в системе единиц Гаусса $Z_{ТЕМ}^0 = 1$). Для волн типа ТМ и ТЕ соответствующие И. таковы:

$$Z_{ТМ} = Z_{ТЕМ} k_{\parallel} / k; \quad Z_{ТЕ} = Z_{ТЕМ} k / k_{\parallel},$$

где k — волновое число, k_{\parallel} — продольная компонента волнового вектора. Для критич. частот ($k_{\parallel} \rightarrow 0$) $Z_{ТМ} \rightarrow 0$, $Z_{ТЕ} \rightarrow \infty$, а для закритических, когда волна превращается в экспоненциально убывающую моду:

$$Z_{ТМ} = -iZ_{ТЕМ} |k_{\parallel}| / k, \quad Z_{ТЕ} = iZ_{ТЕМ} k / |k_{\parallel}|,$$

т. е. в первом случае речь идёт о преимуществ. запасе электрич. энергии (ёмкостный И.), во втором — магнитной (индуктивный И.).

При отсутствии потерь полевой И. для распространяющихся волн — величина действительная; иногда её наз. *волновым сопротивлением* среды, поскольку она обладает мн. свойствами волнового сопротивления линии или цепочки четырёхполюсников. В частности, при падении плоской волны из среды 1 на плоскую границу раздела со средой 2 коэф. отражения (по амплитудам полей) аналогично (1) выражается в виде

$$\Gamma = (Z^{(2)} - Z^{(1)}) / (Z^{(2)} + Z^{(1)}).$$

Это выражение представляет собой *Френеля формулы*, записанные через И. (p -поляризации соответствует мода ТМ, s -поляризации — мода ТЕ, $(k_{\parallel}/k)^{(1,2)} = \cos \theta^{(1,2)}$, $\theta^{(1)}$ и $\theta^{(2)}$ — углы падения и преломления). При исследовании отражения от плоскостных неоднородных сред часто ур-ния для полей преобразуют в ур-ния для полевых И., при этом порядок ур-ний понижается.

Существенны т. н. и м п е д а н с ы с п о в е р х н о с т и, т. е. поверхностные с заданным, фиксированным на них значением полевой И. Фактически фиксация осуществляется (в большинстве случаев приближённо), когда структура поля «под поверхностью» неизменна и определяется к.-л. свойствами среды или формирующих поле устройств. Так, при падении волны на хорошо поглощающую среду волна уходит в глубь среды почти по нормали, независимо от угла падения, следовательно, «входной» И. можно считать фиксированным и

равным $Z_{ТЕМ}^{(2)}$ (*Леонтовича граничное условие*). С помощью импедансных поверхностей моделируют границы направляющих устройств в антеннах, замедляющих системах и т. д.

Лит.: Основы теории цепей, 4 изд., М., 1975; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, 2 изд., М., 1982; Будурис Ж., Шеневье П., Цени сверхвысоких частот, пер. с франц., М., 1979.

Г. В. Пермитин, М. А. Миллер.

ИМПЕДАНС АКУСТИЧЕСКИЙ — комплексное сопротивление, к-рое вводится при рассмотрении колебаний акустич. систем (излучателей, приёмников звука, рупоров, труб и т. п.) по аналогии с электротехникой. И. а. представляет собой отношение комплексных амплитуд звукового давления к колебат. *объёмной скорости*. Комплексное выражение И. а. имеет вид:

$$Z_a = \text{Re} Z_a + i \text{Im} Z_a.$$

Действительная часть И. а. $\text{Re} Z_a$ (т. н. активное акустич. сопротивление) связана с диссипацией энергии в самой акустич. системе и потерями энергии на излучение звука, а мнимая часть И. а. $\text{Im} Z_a$ (реактивное акустич. сопротивление) обусловлена реакцией инерции (масс) или сил упругости (гибкости). В соответствии с этим реактивное сопротивление бывает инерционным или упругим.

Понятие И. а. важно при рассмотрении распространения звука в трубах перем. сечения, рупорах и подобных системах или при рассмотрении акустич. свойств излучателей и приёмников звука, их диффузоров, мембран и т. п. (см. *Излучение звука*). Для излучающих систем от И. а. при заданной объёмной скорости зависит мощность излучения, КПД и др. характеристики; для приёмников звука И. а. определяет условия согласования со средой. Акустич. сопротивление в системе СИ измеряется в Н·с/м⁵, в системе СГС — в дин·с/см⁵ (иногда последнюю единицу наз. «акустич. Ом»).

Наряду с И. а. при рассмотрении акустич. систем используются понятия удельного И. а. z_a и механич. импеданса Z_m , к-рые связаны между собой и с Z_a зависимостью: $Z_m = S z_a = S^2 Z_a$, где S — рассматриваемая площадь в акустич. системе. Удельный И. а. выражается отношением звукового давления к колебат. скорости в данной точке. Для плоской волны удельный И. а. равен волновому сопротивлению среды. Механич. импеданс (и соответственно механич. активное и реактивное сопротивление) определяется отношением силы, с к-рой система действует на среду, к колебательной скорости частиц. Для поршневой излучающей системы при размерах поршня, больших длины волны, механич. импеданс равен произведению звукового давления на площадь поршня, отнесённому к ср. колебат. скорости для этой площади. Единица механич. сопротивления в системе СИ — Н·с/м, в системе СГС — дин·с/см (иногда последнюю наз. «механич. Ом»).

ИМПУЛЬС (количество движения) — в нерелятивистской механике Ньютона — мера механич. движения, представляющая собой векторную величину, равную для материальной точки произведению массы m этой точки на её скорость \mathbf{v} и направленную так же, как вектор скорости: $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$. И. точки остаётся постоянным только при отсутствии сил. Под действием силы \mathbf{F} И. точки изменяется в общем случае и по численной величине, и по направлению; характер этого изменения определяется ур-нием $d\mathbf{p}/dt = \mathbf{F}$, выражающим основной закон механики, с помощью к-рого решаются все задачи динамики точки.

И. механич. системы наз. величиной \mathbf{P} , равная гл. вектору (геометрич. сумме) И. всех точек системы или произведению массы M всей системы на скорость \mathbf{v}_c её центра масс: $\mathbf{P} = \sum m_i \mathbf{v}_i = M\mathbf{v}_c$. Изменение И. системы может происходить только в результате внешних воздействий, т. е. под действием внешних сил \mathbf{F}_i^e . Для замкнутой системы, т. е. системы, не испытывающей никаких внешних воздействий, имеет место закон сохранения И. Величина И. \mathbf{P} такой системы остаётся век-