

$$D_{\alpha}(t, r) = \int_{-\infty}^t \int_V \hat{\epsilon}_{\alpha\beta}(t, r; t', r') E_{\beta}(t', r') dt' dV',$$

где интегрирование производится по объёму светового конуса $|r-r'| < c(t-t')$, $\hat{\epsilon}_{\alpha\beta}$ — комплексный тензор *диэлектрической проницаемости* ($\alpha, \beta = 1, 2, 3$). Для гармонических $\exp(i\omega t - ikr)$ -процессов материальное уравнение упрощается:

$$D_i(\omega, k) = \epsilon_{ij}(\omega, k) E_j(\omega, k),$$

где зависимости тензора диэлектрич. проницаемости среды $\epsilon(\omega, k)$ от циклич. частоты ω и волнового вектора k определяют соответственно временную и пространственную дисперсию среды.

В СИ вектор индукции D вводится и для вакуума: $D = \epsilon_0 E$, где ϵ_0 — электрич. проницаемость вакуума; однако двухвекторное описание Э.п. в вакууме не является физически содержательным. *М. А. Миллер, Г. В. Пермитин.*

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ — 1) физ. величина, характеризующая противодействие проводника или электрич. цепи электрическому току. Э.с. определяется как коэф. пропорциональности R между разностью потенциалов U и силой пост. тока I в *Ома законе* для участка или замкнутой цепи проводников. Для однородного по составу проводника с пост. сечением S и длиной l т.н. активное, или омическое, Э.с. $R = \rho l/S$, где $\rho = 1/\sigma$ — удельное Э.с., характеризующее материал проводника, σ — электропроводность (физ. механизмы, определяющие значения ρ или σ и их зависимость от темп-ры, см. в ст. *Электропроводность*).

В цепях перем. тока полное Э.с. определяется помимо активной составляющей также т.н. реактивной составляющей Э.с., зависящей от *индуктивности* и *ёмкости электрической* (см. *Импеданс*) цепи. Единица Э.с. в СИ — Ом.

2) Структурный элемент электрич. цепи, включаемый в цепь для ограничения или регулирования силы тока. Наличие активного Э.с. приводит к диссипации (рассеянию) электрич. энергии и переходу её в тепловую (см. *Джоуля — Ленца закон*).

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА — раздел прикладной акустики, содержащий к-рого составляют теория, методы расчёта и конструирование *электроакустических преобразователей*. Часто к Э. относят теорию и методы расчёта электро-механич. преобразователей (звукоснимателей, рекордеров, виброметров, электромеханич. фильтров и трансформаторов и др.), связанных с электроакустич. преобразователями общностью физ. механизма, методом расчёта и конструирования. Э. тесно связана также со многими др. разделами прикладной акустики, поскольку рассматриваемые ею электроакустич. преобразователи либо органически входят в состав разл. акустич. аппаратуры (напр., при звукозаписи и воспроизведении звука, в УЗ-дефектоскопии и технологии, в гидроакустике, акустич. голографии), либо широко применяются при эксперим. исследованиях (напр., в архитектурной и строит. акустике, медицине, геологии, океанографии, сейсморазведке, при измерении шумов). Осн. задачи Э. — установление соотношений между сигналами на входе и выходе преобразователя и отыскание условий, при к-рых преобразование осуществляется наиб. эффективно или с мин. искажениями.

Э. как самостоят. раздел прикладной акустики сложилась в 1-й пол. 20 в. Первые работы по расчётам электроакустич. преобразователей относятся к кон. 19 — нач. 20 вв. и связаны с развитием телефонии, исследованиями колебаний пьезоэлектрич. и магнитоэлектрич. резонаторов. Существенным для прогресса Э. явилось создание метода электроакустич. аналогий и эквивалентных схем, использование метода электромеханич. многополосников и метода эквивалентных схем для систем с распределёнными параметрами, амплитуда колебаний к-рых существенно зависит от их координат аналогично электрич. длинным линиям (см. *Линии передачи*) и *волноводам*.

Лит.: Фурдурев В. В., Электроакустика, М. — Л., 1948; Физическая акустика, под ред. У. Мэсона, пер. с англ., т. 1, ч. А — Б, М.,

1966—67; Скучик Е., Основы акустики, пер. с англ., т. 1—2, М., 1976.

Р. Е. Пасынков

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ — устройства, преобразующие эл.-магн. энергию в энергию *упругих волн* в среде и обратно. В зависимости от направления преобразования различают Э.п.: излучатели и приёмники. Э.п. широко используют для излучения и приёма звука в технике связи и звуковоспроизведения, для измерения и приёма упругих колебаний в УЗ-технике, гидроакустике и в акустоэлектронике. Наиб. распространённые Э.п. линейны, т.е. удовлетворяют требованию неискажённой передачи сигнала, и обратимы, т.е. могут работать и как излучатели, и как приёмники, и подчиняются *взаимности принципу*. В большинстве Э.п. имеет место двойное преобразование энергии: электромеханическое, в результате к-рого часть подводимой к преобразователю электрич. энергии переходит в энергию колебаний нек-рой механич. системы, и механоакустическое, при к-ром колебания механич. системы в среде создают *звуковое поле*.

Существуют Э.п., не имеющие механич. колеб. системы и создающие колебания непосредственно в среде, напр. электроискровой излучатель, возбуждающий интенсивные звуковые колебания в результате искрового разряда в жидкости, излучатель, действие к-рого основано на *электрострикции* жидкостей. Эти излучатели необратимы и применяются редко. К особому классу Э.п. относятся приёмники звука (также необратимые), основанные на изменении электрич. сопротивления чувствит. элемента под влиянием звукового давления, напр. угольный микрофон или полупроводниковые приёмники, в к-рых используется *тензорезистивный эффект*. Когда Э.п. служит излучателем, на его входе задаются электрич. напряжение U и ток i , определяющие его колеб. скорость v и *звуковое давление* p в создаваемом им поле; на входе Э.п.-приёмника действует давление p или колеб. скорость v , обуславливающие напряжение U и ток I на его выходе. Теоретич. расчёт Э.п. устанавливает связь между его входными и выходными параметрами.

Колеб. механич. системами Э.п. могут быть стержни, пластинки, оболочки разл. формы (полые цилиндры, сферы, совершающие разл. вида колебания), механич. системы более сложной конфигурации. Колеб. скорости и деформации, возникающие в системе под воздействием сил, распределённых по её объёму, могут, в свою очередь, иметь достаточно сложное распределение. В ряде случаев, однако, в механич. системѐ можно указать элементы, колебания к-рых с достаточным приближением характеризуются только кинетич. и потенц. энергиями и энергией механич. потерь. Эти элементы имеют характер соответственно массы M , упругости $1/C$ и активного механич. сопротивления r (т.н. *системы с сосредоточенными параметрами*). Часто реальную систему удаётся искусственно свести к эквивалентной ей (в смысле баланса энергий) системе с сосредоточенными параметрами, определив т.н. эквивалентные массу $M_{эв}$, упругость $1/C_{эв}$ и сопротивление трению r_m . Расчёт механич. систем с сосредоточенными параметрами может быть произведѐн методом электромеханич. аналогий. В большинстве случаев при электромеханич. преобразовании преобладает преобразование в механич. энергию энергии либо электрического, либо магн. полей (и обратно), соответственно чему обратимые Э.п. могут быть разбиты на след. группы: электродинамические преобразователи, действие к-рых основано на электродинамич. эффекте (излучатели) и эл.-магн. индукции (приёмники), напр. громкоговоритель, микрофон; электростатические преобразователи, действие к-рых основано на изменении силы притяжения обкладок конденсатора при изменении напряжения на нём и на изменении заряда или напряжения при отнесении перемещению обкладок конденсатора (громкоговорители, микрофоны); *пьезоэлектрические преобразователи*, основанные на прямом и обратном пьезоэффекте (см. *Пьезоэлектрики*); электромагнитные преобразователи, основанные на колебаниях ферромагн. сердечника в перем. магн. поле и изменении магн. потока при движении сердечника;