



Введите текст для поиска по словарям и энциклопедиям

Найти!

## Физическая энциклопедия

Толкования

Переводы

Книги

Игры

Физическая энциклопедия**ИМПЕДАНС**Толкование [Перевод](#)**ИМПЕДАНС****ИМПЕДАНС**

(англ. *impedance*, от лат. *impedio* - препятствую) (комплексное сопротивление) - аналог электрич. сопротивления для гармонич. процессов. Различают И. элемента цепи перемен. тока (И. двухполюсника) и И. к.-л. поверхности в монохроматич. эл.-магн. [поле](#) (полевой И., поверхностный И.). Понятие И. было введено в электродинамику О. Хевисайдом (О. Heaviside) и О. Лоджем (О. Lodge), понятие полевого И. - С. Щелкуновым (S. Schelkunoff, 1938). Импедансные характеристики используют не только в электродинамике, их вводят для описания *линий передачи* волновых возмущений любой природы (см., напр., *Импеданс акустический*).

**Импеданс двухполюсника.** В теории электрич. цепей любую часть цепи, состоящую из пассивных линейных элементов (таких, как сопротивления  $r$ , индуктивности  $L$ , ёмкости  $C$ , трансформаторы) и имеющую две точки (полюса) подключения к остальной цепи (рис. 1), в случае квазистационарных гармонич. процессов с зависимостью от времени  $\sim \exp(i\omega t)$  можно рассматривать как пассивный двухполюсник, все внеш. свойства которого описываются одной комплексной величиной  $Z$ , наз. И. двухполюсника и равной

$$Z(\omega) = V/I = R(\omega) + iX(\omega).$$

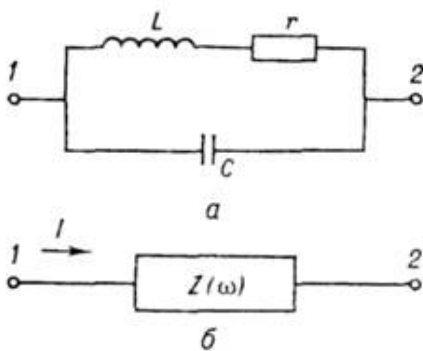


Рис. 1. Электрическая цепь, включающая пассивные линейные [элементы](#) и имеющая два полюса: а - схема цепи; б - эквивалентный двухполюсник с импедансом  $Z(\omega)$ .

Здесь  $V$  - комплексная амплитуда напряжения между полюсами 1 и 2,  $I$  - комплексная амплитуда тока в направлении от полюса 1 к полюсу 2;  $R$  - веществ. часть импеданса (активное сопротивление),  $X$  - мнимая часть И. (реактивное сопротивление, реактанс). Модуль И.  $|Z| = (R^2 + X^2)^{1/2}$  наз. полным сопротивлением двухполюсника. В СИ И. измеряется в Омах, в *Гаусса системе единиц* имеет [размерность](#), обратную скорости. Иногда наряду с И.  $Z$  используют обратную ему величину  $s = Z^{-1}$ , наз. адмитансом. <Активное сопротивление  $R$  ответственно за потери энергии, поступающей в двухполюсник. Мощность потерь  $P$  (средняя за [период колебаний](#)  $T = 2\pi/\omega$ ) выражается соотношением  $P = R|I|^2/2$ . Реактанс характеризует величину энергии, пульсирующей с частотой  $2\omega$  (и

потому в среднем за период равной нулю), накапливаемой в двухполюснике и отдаваемой обратно источнику. Знак реактанса определяется зависимостью от времени: в технике и прикладной физике (и в данной статье) полагают её  $\sim \exp(i\omega t)$ , в теоретич. <физике обычно принимают  $\sim \exp(-i\omega t)$ . В случае чисто индуктивного двухполюсника (индуктивное сопротивление)  $X = X_L = \omega L$  (в СИ; в системе единиц Гаусса  $X_L = c^{-2}\omega L$ ), а для чисто ёмкостного (ёмкостное сопротивление)  $X = X_C = -(\omega C)^{-1}$ . Различие в знаках порождается дуальной асимметрией Максвелла уравнений ( $E \nabla H, H \nabla E$ ) и отражает соотношение между фазами напряжений и токов: ток в идеальной катушке самоиндукции отстаёт по фазе на  $\pi/2$  от приложенного напряжения, а ток через идеальный конденсатор опережает на тот же угол напряжение, создаваемое на его обкладках. Правила сложения И. при последоват. и параллельном их соединении такие же, как и в случае обычных омических сопротивлений: при последоват. соединении двухполюсников складываются И.  $Z$ , а при параллельном - адмитансы  $Z^{-1}$ . Напр., для двухполюсника, изображённого на рис. 1а, имеем:

$$Z^{-1} = (r + i\omega L)^{-1} + i\omega C.$$

**Матрица импеданса.** Разветвлённую электрич. цепь, имеющую более двух точек подключения, наз. многополюсником [если число [пар](#) точек подключения (входов) равно  $N$ , то цепь наз.  $2N$ -полюсником]. На входах многополюсника должны быть заданы направления отсчёта напряжений и токов (рис. 2). Если многополюсник включает в себя только линейные, пассивные и взаимные элементы, то для квазистационарных гармонич. процессов все его внеш. свойства описываются матрицей импеданса  $\|Z_{ab}\|$ , связывающей комплексные амплитуды напряжений и токов на входах при произвольном подключении к когерентным источникам:

$$V_\alpha = \sum_{\beta=1}^N Z_{\alpha\beta} I_\beta, \quad \alpha = 1, 2, \dots, N.$$

Напр., для четырёхполюсника, изображённого на рис. 3, а, элементы матрицы И. равны:  $Z_{11} = Z_1 + Z_3, Z_{22} = Z_2 + Z_3, Z_{12} = Z_{21} = Z_3$ . В силу взаимности принципа матрица  $\|Z_{ab}\|$  симметрична, т. е.  $Z_{ab} = Z_{ba}$ .

**Входной импеданс.** Свойства многополюсников можно описать и с помощью т. н. входных И. отд. входов.

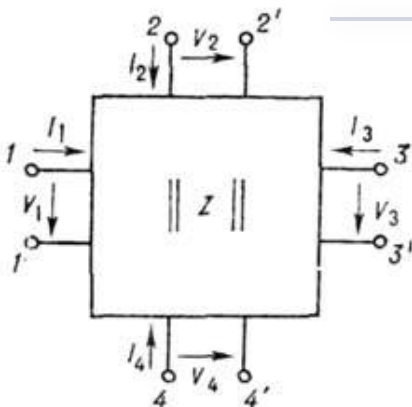


Рис. 2. Многополюсник, все внешние свойства которого задаются матрицей импеданса  $\|Z\|$ .

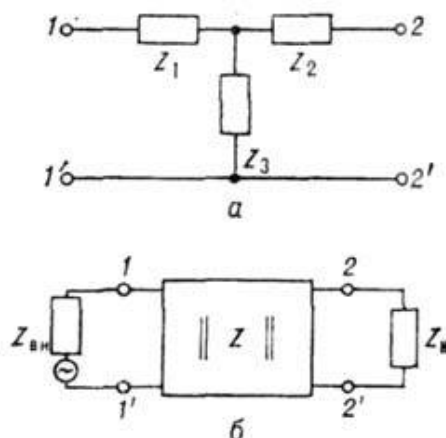


Рис. 3. Четырёхполюсник: а - эквивалентная схема; б - схема для определения входного импеданса.

При этом по отношению к выбранному входу многополюсник рассматривают как двухполюсник, а все остальные входы считают нагруженными произвольными И.  $Z_{нб}$ . Поэтому входные И. являются ф-циями не только частоты, но и нагрузочных И. Так, для четырёхполюсника, приведённого на рис. 3:

$$Z_{вх1} = Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22} + Z_{н2}}.$$

Для согласования произвольной нагрузки  $Z_{н}$  с источником, имеющим внутр. И.  $Z_{вн}$ , используют недиссипативные четырёхполюсники (без поглощающих элементов), добиваясь выполнения условия  $Z_{вх}(Z_{н}) = Z_{вн}^*$  (\* означает комплексное сопряжение). При этом достигается макс. передача энергии от источника к нагрузке (кпд равен 50%, остальная энергия поглощается внутри источника). Если требуется обеспечить высокий кпд передачи, выбирают такой согласующий четырёхполюсник, чтобы выполнялись условия:  $R_{вх}(Z_{н}) \ll R_{вн}$ ,  $X_{вх}(Z_{н}) = -X_{вн}$ .

**Волновой импеданс.** Входной И. четырёхполюсника, удовлетворяющий условию  $Z_{вх}(Z_{н} = Z_{в}) = Z_{н} = Z_{в}$ , наз. волновым импедансом, ибо в бесконечной цепочке, составленной из одинаковых четырёхполюсников, будут без отражений распространяться волны (в общем случае экспоненциально затухающие) с пост. значением отношения напряжения к току. В пределе непрерывной однородной линии передачи это отношение в любой нормальном сечении постоянно и при отсутствии потерь равно  $Z_{в} = (L_{п}/C_{п})^{1/2}$ , где  $L_{п}$ ,  $C_{п}$  - погонные (на единицу длины) индуктивность и ёмкость линии. Для линии конечной длины, нагруженной на  $Z_{н} \neq Z_{в}$ , коэф. отражения (отношение комплексных амплитуд отражённой и падающей волн) равен

$$\Gamma = (Z_{н} - Z_{в}) / (Z_{н} + Z_{в}). \quad (1)$$

При  $Z_{н} = 0$  и  $Z_{н} = \infty$ , что соответствует короткозамкнутой и разомкнутой линиям, имеет место полное отражение ( $\Gamma = \pm 1$ ). Длинные линии не являются квазистационарными системами, поэтому понятие напряжения является условным. Обычно его относят только к точкам, лежащим в одном нормальном сечении линии  $S_{п}$ , а путь интегрирования  $g_{12}$  выбирают лежащим в этом же сечении

$$(V_{12} = \int_{\gamma_{12}} \mathbf{E} d\mathbf{l}, \quad \gamma_{12} \in S_{п}).$$

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:

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

где  $\mathbf{E}_t$ ,  $\mathbf{H}_t$  - 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  $\mathbf{E}_t$  и  $\mathbf{H}_t$  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 TEM), распространяющейся в направлении  $\mathbf{n}$  в изотропной среде или в волноводе,  $Z_{TEM} = (\mu_0 \mu / \epsilon_0 \epsilon)^{1/2}$  ( $\mu$ ,  $\epsilon$  - относительные магн. и диэлектрич. проницаемости среды,  $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$  - проницаемости вакуума, в системе единиц Гаусса  $\epsilon_0 = \mu_0 = 1$ ). В вакууме  $Z_{TEM}^0 = 120\pi$  Ом, эта размерная константа наз. характеристич. импедансом вакуума (в системе единиц Гаусса  $Z_{TEM}^0 = 1$ ). Для волн типа TM и TE соответствующие И. таковы:

$$Z_{TM} = Z_{TEM} k_{||} / k; \quad Z_{TE} = Z_{TEM} k / k_{||},$$

где  $k$  - волновое число,  $k_{||}$  - продольная компонента волнового вектора. Для критич. частот ( $k_{||} = 0$ )  $Z_{TM} = 0$ ,  $Z_{TE} = \infty$ , а для закритических, когда волна превращается в экспоненциально убывающую моду:

$$Z_{TM} = -i Z_{TEM} |k_{||}| / k, \quad Z_{TE} = i Z_{TEM} k / |k_{||}|,$$

т. е. в первом случае речь идёт о преимущ. 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  $TM_s$ , s-поляризации - мода  $TE_{(k_{||}/k)}^{(1,2)} = \cos q^{(1,2)}$ ,  $q^{(1)}$  и  $q^{(2)}$  - углы падения и преломления). При исследовании отражения от плоскостойких неоднородных сред часто ур-ния для полей преобразуют в ур-ния для полевых И., при этом порядок ур-ний понижается. Существенны т. н. импедансные поверхности, т. е. поверхности с заданным, фиксированным на них значением полевого 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 иравным  $Z_{TEM}^{(2)}$  (*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., Цепи сверхвысоких частот, пер. с франц., М., 1979. Г. В. Пермитин, М. А. Миллер.

*Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. — М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988.*

[Игры](#) [Поможем решить контрольную работу](#)

Синонимы:

[импеданц](#), [сопротивление](#)

[← ИММЕРСИОННАЯ СИСТЕМА](#)

[ИМПУЛЬС ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ →](#)

Полезное

Смотреть что такое "ИМПЕДАНС" в других словарях:

**ИМПЕДАНС** — (обозначение Z), характеристика элемента ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ, который препятствует протеканию тока. В цепи постоянного тока импеданс равен СОПРОТИВЛЕНИЮ (R). В цепи переменного тока, содержащей ЕМКОСТЬ или индуктивность, необходимо учитывать также ... *Научно-технический энциклопедический словарь*

**импеданс** — сопротивление, импеданц Словарь русских синонимов. импеданс сущ., кол во синонимов: 2 • импеданц (1) • ... *Словарь синонимов*

**ИМПЕДАНС** — электрический (устар.) то же, что полное сопротивление ... *Большой Энциклопедический словарь*

**Импеданс** — сопротивление потоку переменного тока через проводящий материал; является функцией активной проводимости, емкостного сопротивления и применяемой частоты... Источник: Санитарно бактериологические исследования методом разделенного импеданса.... *Официальная терминология*

**импеданс** — а, м. impédance f., англ. impedance, нем. Impedanz. 1. Полное сопротивление цепи переменного тока. Лепинг. 2. муз. Обратное акустическое сопротивление голосовой связки со стороны ротоглоточного канала. Кочнева Вокал. сл. Импедансный ая, ое. Реле... *Исторический словарь галлицизмов русского языка*

**импеданс** — волновое сопротивление Полное сопротивление среды распространению электромагнитных волн. [http://www.morepc.ru/dict/] Тематики информационные технологии в целом Синонимы волновое сопротивление EN impedance ... *Справочник технического переводчика*

**Импеданс** — Классическая электродинамика Магнитное поле соленоида Электричество · Магнетизм Электростатика Закон Кулона ... *Википедия*

**импеданс** — 3.3 импеданс: Комплексное сопротивление, связывающее амплитуду гармонических колебаний давления и расхода жидкости при сдвиге фазы между ними. Источник ... *Словарь-справочник терминов нормативно-технической документации*

**импеданс** — (англ. impedance, нем. impedanz лат. impedire препятствовать) 1) физ. устаревшее название полного сопротивления электрической цепи переменному току, обусловленное омическим, индуктивным и ёмкостным сопротивлениями цепи; 2) физиол. реактивное... ... *Словарь иностранных слов русского языка*

**импеданс** — электрический (устар.), то же, что полное сопротивление. \* \* \* ИМПЕДАНС ИМПЕДАНС электрический (устар.), то же, что полное сопротивление (см. ПОЛНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ) ... *Энциклопедический словарь*



**W** wantedshop.ru  
Коричневая  
кожанка  
6 000 ₽

[Узнать больше](#)



[rostov.modulnoe-zdaniye.ru](#)

Вагончики  
от 12000 ₽/м2.  
Сжатые сроки.  
Доставка  
от 12 000 ₽

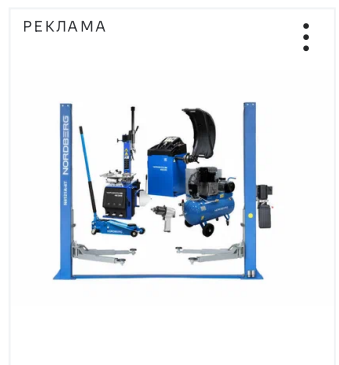
[Узнать больше](#)



[traktor-scout.ru](#)

Купить трактор  
СКАУТ ТС-  
1304С 150 л.с.

[Узнать больше](#)



[nordberg-auto.ru](#)

Официальный  
поставщик  
оборудования  
Nordberg

[Узнать больше](#)

