

Вклад в Н. э. непотенциальных полей (вихревых и сторонних) принято относить к *электродвижущей силе*  $\mathcal{E}[\gamma]$ :

$$u_{12}[\gamma] = \Phi_1 - \Phi_2 + \mathcal{E}[\gamma].$$

На практике, однако, вместо точного указания контура интегрирования  $\gamma$  обычно пользуются поясняющими словами. Так, говорят о приложенном к элементу цепи (двухполюснику) Н. э., о Н. э. на зажимах (клеммах, подводящих проводах) того или иного устройства, о Н. э. на входе (плече) многополюсника, понимаем под этим Н. э. вдоль кривой, огибающей устройство, т. е. чаще всего разность потенциалов между его полюсами. Если контур  $\gamma$  выбран внутри проводников цепи, то говорят о падении Н. э. на участке цепи или двухполюснике.

В ряде случаев, когда эл.-динамич. устройство (напр., электромотор) включает в себя подвижные проводники или когда сторонние силы являются результатом усреднённого воздействия пульсирующих микрополей на быстро осциллирующие носители заряда, падение Н. э.  $U$  определяется как отношение работы, совершаемой в единицу времени над электрич. током  $I$ , к величине тока:

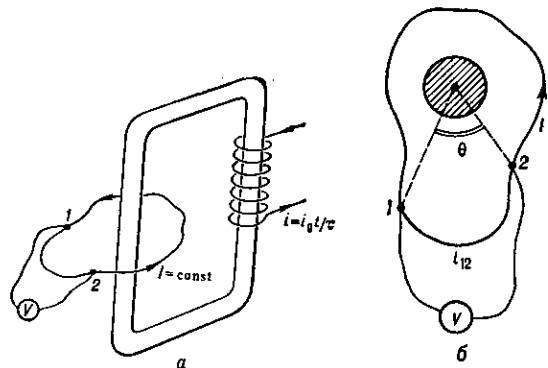
$$U = \int_V \langle \mathbf{e} \cdot \mathbf{i} \rangle dV / I,$$

где  $\mathbf{e}$  — напряжённость микроскопич. электрич. поля,  $\mathbf{i}$  — плотность микротоков, интегрирование производится по объёму проводника  $V$ ,  $\langle \rangle$  — знак усреднения по быстрым движениям;  $\langle \mathbf{e} \rangle = \mathbf{E}$ ,  $\langle \mathbf{i} \rangle = \mathbf{j}$ , но в общем случае  $\langle \mathbf{e} \cdot \mathbf{j} \rangle \neq \mathbf{E} \cdot \mathbf{j}$ , так, в движущихся со скоростью  $\mathbf{v}$  проводниках  $\langle \mathbf{e} \cdot \mathbf{i} \rangle = \mathbf{E}_0 \cdot \mathbf{j} + \mathbf{j} \cdot [\mathbf{v} \mathbf{B}] / c$  ( $\mathbf{B}$  — индукция магн. поля). Определённое т. о. падение напряжения удовлетворяет закону Ома:  $U = RI$ , где  $R$  — сопротивление участка цепи.

В случае гармонич. процессов пользуются след. характеристиками: мгновенным значением Н. э.,  $u(t)$ , определяемым соотношением (1); комплексной амплитудой Н. э.,  $\tilde{u} [u(t) = \text{Re}\{\tilde{u} \exp(i\omega t)\}]$  и эфф. значением Н. э.,  $u_3 = \tilde{u}^2 / 2 = |\tilde{u}|^2 / 2$  (черта сверху означает усреднение по периоду колебаний  $T = 2\pi / \omega$ ,  $\omega$  — циклич. частота). Для комплексных амплитуд Н. э. и тока закон Ома обобщается в виде

$$\tilde{u} = Z(\omega) \tilde{I}, \quad (2)$$

где  $Z(\omega)$  — импеданс двухполюсника. Хотя по форме (2) совпадает с законом Ома,  $\tilde{u}$  при этом не является комплексной амплитудой падения напряжения, а совпа-



дает с комплексной амплитудой Н. э. на подводящих проводах. В линиях передач под Н. э. понимают интеграл (1) вдоль контура, соединяющего провода линии и лежащего в нормальном к линии сечении.

Измеряется Н. э. с помощью вольтметра — гальванометра с большим дополнит. сопротивлением  $R_B$ ; в идеале  $R_B \rightarrow \infty$  (электроскоп). Вольтметр изме-

ряет падение Н. э. на самом себе —  $U_B$  (или при  $R_B \rightarrow \infty$  — разность потенциалов на своих клеммах). Чаще всего  $U_B$  близко к разности потенциалов между точками подключения вольтметра к цепи, но не всегда. На рис., а изображён трансформатор, по первичной обмотке к-рого течёт линейно растущий во времени ток  $i$ . Вторичной обмоткой является виток с длиной  $l$ , сопротивлением  $R$ , по к-рому течёт пост. ток  $I$ . Вольтметр, подключённый к точкам 1, 2 витка (рис., б), покажет падение Н. э.  $U_{12} = RI l_2 / l$ , к-рое не равно ни эдс индукции  $\mathcal{E}_{12} = RI \theta / 2\pi$ , ни разности потенциалов  $\Phi_1 - \Phi_2 = RI(l_{12} / l - \theta / 2\pi)$ . В сомнительных случаях для сопоставления показаний вольтметра параметрам диагностируемой цепи обращаются к *Кирхгофа правилам*.

Лит.: Тамм И. Е., Основы теории электричества, 10 изд., М., 1989. М. А. Миллер, Г. В. Пермитин.

### НАПРЯЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИЕ ГЛАВНЫЕ — см. Напряжение механическое.

**НАПРЯЖЁННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ** — аксиальный вектор  $\mathbf{H}(r, t)$ , определяющий [наряду с вектором магнитной индукции  $\mathbf{B}(r, t)$ ] свойства макроскопич. магн. поля. В случае вакуума двухвекторное описание магн. поля является чисто формальным, поэтому в гауссовой системе единиц в вакууме  $\mathbf{B} = \mathbf{H}$ , хотя, в силу традиций, и измеряются в единицах с разным наименованием:  $\mathbf{B}$  — в гауссах (Гс), а  $\mathbf{H}$  — в эрстедах (Э). В СИ сохраняется различие и для вакуума:  $\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$ , где  $\mu_0$  — магнитная постоянная. Измеряется Н. м. п. в СИ в амперах на метр (А/м),  $1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э}$ .

В соответствии с первым Максвелла уравнением точниками Н. м. п. являются электрич. токи (проводимости, смещения и т. п.):

$$[\nabla \mathbf{H}] = \frac{4\pi}{c} (\mathbf{j} + \mathbf{j}_{\text{см}}) = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{j}$ ,  $\mathbf{j}_{\text{см}}$  — плотность тока, переносимого зарядами, и плотность тока смещения,  $\mathbf{D}$  — вектор электрической индукции (здесь и далее применяется гауссова система единиц). В среде могут также присутствовать токи намагничивания с плотностью  $\mathbf{j}_M$ , связанные с индуцированной (или) спонтанной намагниченностью  $\mathbf{M}$ ;  $\mathbf{j}_M = c[\nabla \mathbf{M}]$ . Эти токи и обуславливают различие векторов поля  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{H}$ :

$$\mathbf{H} = \mathbf{B} - 4\pi \mathbf{M}. \quad (2)$$

В этом отношении существует принципиальная разница между пост. и переменными во времени полями. В пост. полях ур-ние (2) (к-рое иногда наз. материальным ур-нием или ур-нием среды) автономно, в перем. полях оно зависит от вида материальной связи между электрич. векторами:  $\mathbf{D} = \mathbf{D}(\mathbf{E}) = \mathbf{E} + 4\pi \mathbf{P}^e$  ( $\mathbf{E}$  — напряжённость электрического поля,  $\mathbf{P}^e$  — вектор электрической поляризации), потому что вихревая составляющая плотности перем. тока  $\mathbf{j}$  может быть с известным произволом интерпретирована и как плотность тока поляризации  $\mathbf{j}_P = \partial \mathbf{P}^e / \partial t$ , и как плотность тока намагничивания  $\mathbf{j}_M$ . В общем случае:

$$\mathbf{j} = c[\nabla \mathbf{M}] + \frac{\partial \mathbf{P}^e}{\partial t}. \quad (3)$$

Поэтому определение Н. м. п. в случае перем. полей условно и зависит от принятых материальных связей. В ВЧ-электродинамике иногда вообще не различают векторов  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{H}$ , относя все токи к токам поляризации.

Принципальным является вопрос о том, какой из векторов,  $\mathbf{B}$  или  $\mathbf{H}$ , берётся в качестве «первичного». Историч. традиция выбрала в качестве такового вектор  $\mathbf{H}$ , с чем и связано его название — Н. м. п. Поэтому ур-ние (2) трактовалось как зависимость вектора  $\mathbf{B}$  от «первичного» поля  $\mathbf{H}$ :  $\mathbf{B} = \mathbf{H} + 4\pi \mathbf{M} = \mu \mathbf{H}$  ( $\mu$  — магнитная проницаемость). Однако впоследствии оказалось, что истинно первичным целесообразнее считать вектор магн. индукции  $\mathbf{B}$ , совпадающий с усреднё-