

Широко примен. электростат. поля, т.е. что она относ. легко получ. из др. вид. электр. легко перебивается, легко дробится, легко преобраз. в др. вид. электр.

Электростат. закон. вопросы. Макс. примен. электростат. расчет. схем.

21. Потенциал, Пот. потенц. Эл. поля.

Сред. φ , наход. в нек. точке эл. поля, относ. потенц. энергии W , при перемещ. заряда q под. действ. эл. сил., выполняемая работа по перемещ. заряда из точки m в точку n .

$$A_{mn} = W_m - W_n \quad W_m > W_n \quad (1)$$

$$[A] = [W] = [Dm]$$

Чем больше велич. заряда, тем больш. энерг. он обладает, наход. в сред. точке пространства.

Для объективной оценки точек пространства исп. формул. $\varphi = \frac{W_m}{q}$ (2)

меньш.

Посчитаем заряды вл. электр. в металлах и цепи в тудк. и ворах.

Направленное фронт. посит. электр. зарядов, каф. эл. ток.

Пока пусть направление электр. зарядов. Велич. (милл) тока) опре. след. образ:

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad [i] = [A]. \quad (4)$$

5 мА - ток, ощущаемый человеком;

50 мА - опасный для жизни ток;

0,15 А - максимальная норма;

0,2 - 1 А - норма накопления;

100 А - аварийный эл. ток.

2.2. Эл. сеть и ее схема

Э. ч. электр. совокупн. сеть электр. сов. устройств и объектов, предназначен для распредел. энергии преобраз. и переноса на раст. эл. и др. видов энергии и (или) информации, вкл. свои функц. при

$$[q] = [K], \quad [\varphi] = [B].$$

PROFF

φ_m численно равен работе, содел. при перемещ. положит. заряда q из точки m в точку с нулевым потенциалом.

Чаще всего потенциал отнесен к земле.

$$A_{mn} = (\varphi_m - \varphi_n) q \quad (3)$$

$$\varphi_m - \varphi_n = U_{mn} \quad [U] = [B]$$

Напряжения бытового электропитания эл. сетей.

Неск. велич. Опасный для жизни может оказаться напряж. в 12 В.

Напряжение сетей - 220 В.

Напряжение между рельс трамвая - 600 В.

Напряжение городских эл. сетей - 6 - 11 кВ.

Потенциал молнии относительно земли 100000 кВ.

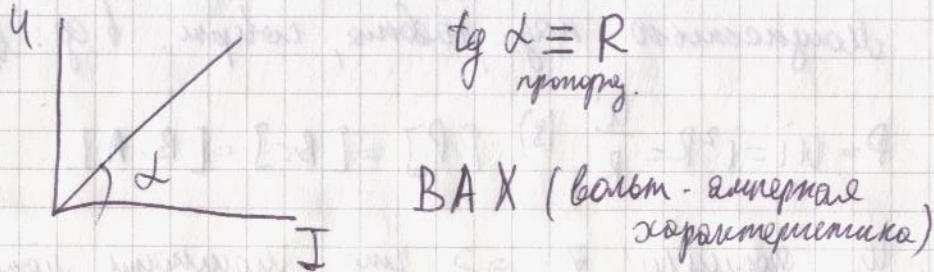
Из форм. 2 след. что работа

2) работы перемещ. от точки с большим потенциалом в точку с

$U = \text{const}$
 $I = \text{const}$ } не измен. во время. **PROFF**

$U_1 > U_2$ $U = U_1 - U_2 = RI$ (5)

R - сопротивление резистора.



Сигн. элементы, обладающие немн. ВАХ.
 Каждый металл обладает своим сопротив.

(6) $R = \rho \frac{l}{S}$; ρ - удельное сопротив.;
 l - длина провода;

S - площ. поперечного сеч.

Материалы с наименьш. сопротив.

алюмин.	0,0283
медь	0,0178
серебро	0,016

Если пред. матер. с больш.

сопротив. $\rho = 1,1$ никель, хром.



5

напр. эл. тока.

PROFF сает. из охр. элем. (объект),
 разлнз. своим функц. напр. и поз.

эл - токи цепи:

1) потребит.

2) источник.

3) срез. провода

4) Эл. - измерит. приборы

Эл. схемой поз. улов. упр. цепи, с
 целью. обдувания. упр. обдува. её Эл-мод.

и 3. Потребит. электроэнерг.

Устройства, работ. за счём преобраз.
 одного вида энерг. в другой.

по схеме обозначаются:



резистор (мощ. потреб.)

$i = i(t)$
 $u = u(t)$ } - измен. во время

4

$$W_L = \int_0^{t_1} u i dt = \int_0^{t_1} u C \frac{du_c}{dt} dt = \int_0^{u_c} u_c du_c = \frac{C u_c^2}{2} \quad (11)$$

$$L \rightarrow \Phi = \Psi = Li \quad (12)$$

$$[L] = [L]$$

$$\Psi \Rightarrow \Psi = L \frac{di}{dt} \quad (13)$$



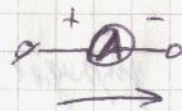
В ген. переменного тока все индуктивности можно заменить перемычками, а как разрывами из переключ. 10 и 13.

$$W_L = \int_0^{t_1} u i dt = \int_0^{t_1} L \frac{di}{dt} i dt = L \int_0^{t_1} i di = \frac{Li^2}{2} \quad (14)$$

2.5 Сопротивление проводов

$$R=0 \quad U = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$$

2.6 Электроскопические приборы

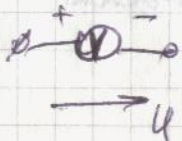


амперметр (для измерения силы тока)

R_A - внутр. сопротивление прибора

$$R_v \approx \infty$$

подключают параллельно



Элементарн., выдел. в компонент. R, паразит. на соеврм. работ., равно

$$W_R = W_2 = \int_0^{t_1} u i dt = \int_0^{t_1} i^2 R dt = \int_0^{t_1} \frac{u^2}{R} dt \quad (7)$$

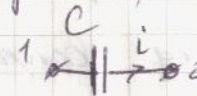
Мощностью потр. работа, соеврм. в ср. времени

$$P = u i = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (8) \quad [P] = [B_T] = [B \cdot A]$$

У формулы 7 $\Rightarrow$ это мощность может быть ватт в секунду.

2.4 Накопитель эл. энергии

В накопит. энерг. запасается в виде электр. (ёмкостная) или магнит. (индуктив.) полей.



$$q = Cu \quad (9)$$

$$[C] = [Q]$$

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_c}{dt} \quad (10)$$



6

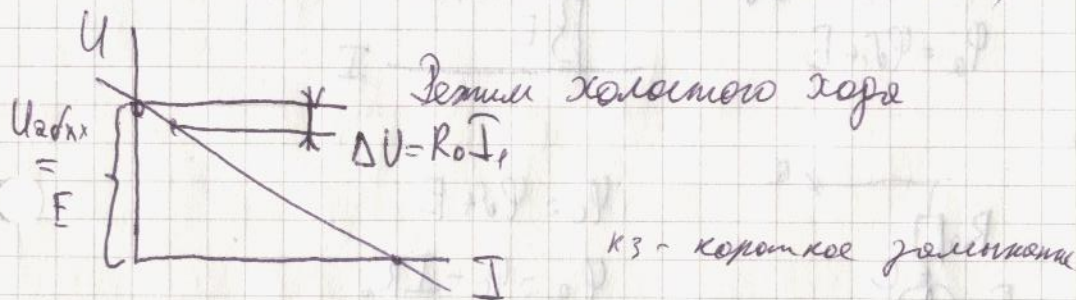


По опред. ЭДС ($\mathcal{E}$), равно работе сторонних сил, затрат. на перемещ. заряда от низшего потенц. к высшему.

$$A_{cr} = W = E q \quad U q$$

В замк. контуре от одного источника и одного потребителя $E = U$

2.3 Представл. реального источника эквивалент. энергии ~~реального~~ схематич. сдв. идеального источника э. энергии (источники ЭДС и источник тока)

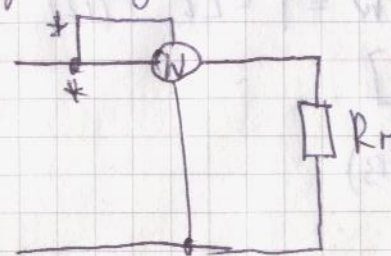


$$U_{ad} = E - I R_0$$

$$I_{kz} = \frac{E}{R_0}$$



между точками, напряжение между которыми можно измерить



Вольтметр

2.7 Источник э. энергии

В потреб. по действ. сил э. поле, затрат. заряды перемещ. от точек с низким потенц. в точку с высоким потенц.

Заряды источника - перемещаются от точки с низким потенц. в точку с высоким. Также перемещ.

возможна по релатив. сторонним сил.

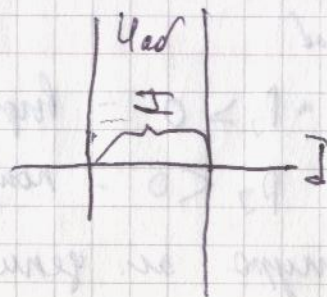
Примеч. зависимость заряды зависят от скорости, направл.

8. ЭДС.

Источники тока



$$R_{вх} = \infty$$



PROFF

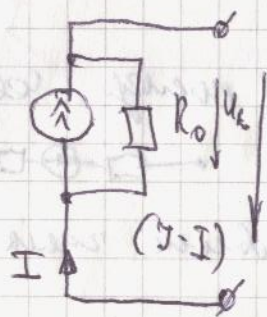


Рис 2.

$$U_{ад} = U_{R_0} = (J - I) R_0 = J R_0 - I R_0 \quad (2)$$

Сравнивая 1 и 2 делаем вывод, что при тех. сопротивл $E = J R_0$ схема рис 2 эквивалентна рис 1 и может быть использована для замены реального источника эл. энер.

Идеальность, возвращен источник.

$$E_{\text{в}} = E I_{\text{отп}} = A_{\text{срок}} \text{ с/с}$$

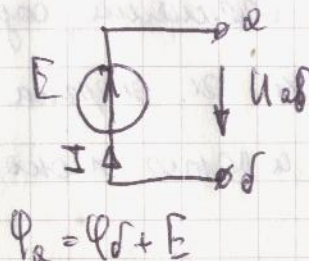
$$P_E = E \cdot I, \quad I > 0 - \text{выход эл. энер.}$$

II

Если ЭДС и ток совпадают по направлению, то реальный источник эл. энергии.

Если ЭДС и ток противоположны, то источник потребляет эл. энергию, конвертирует ее в тепло. $> \text{ЭДС } (E)$

В электрических цепях, состоящих из идеальных источников эл. энергии, это источники ЭДС и источники тока.



$$\varphi_a = \varphi_b + E$$

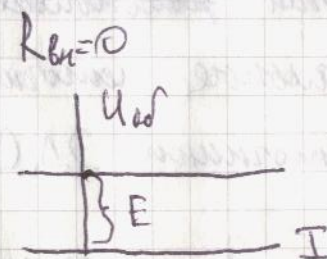


Рис 1.

$$\varphi_c = \varphi_d + E$$

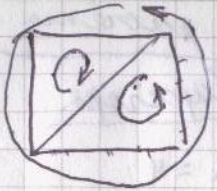
$$\varphi_a = \varphi_c - I R_0$$

$$\varphi_a = \varphi_d + E - I R_0$$

$$U_{ад} = \varphi_a - \varphi_d = E - I R_0 \quad (1)$$

Вывод: рис 1, может использоваться для

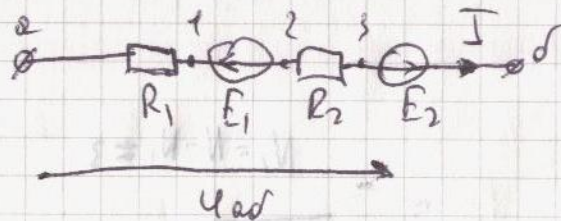
10 представлений реального источника эл. энергии.



PROFF

Основные законы электр. цепи

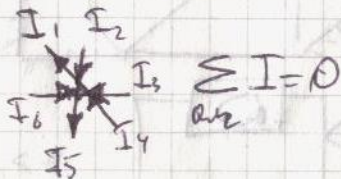
- 1) Закон Ома для участка цепи (ан. ветвь)
- 2) Закон Ома для полной цепи, с электр. ЭДС



$$\varphi_d = \varphi_a - IR - E_1 - IR_2 + E_2$$

$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_d - E_1 + E_2}{R_1 + R_2}, \quad I = \frac{\varphi_a - \varphi_d + \sum E_i}{\sum R_i}$$

- 3) I-й закон Кирхгофа



$$\sum I_{\text{вх}} = \sum I_{\text{вых}}$$

$$I_2 + I_3 + I_4 + I_6 = I_1 + I_5$$

- 4) II закон Кирхгофа

закон для первых контуров, не сф. (любой замкнутый контур, не сф.)

$$\sum_{\text{ан}} U = 0; \quad \sum_{\text{ан}} E = \sum_{\text{ан}} IR$$

13

$I < 0$ - источник сопротивляет

длина вет. тока сум по сф. форм

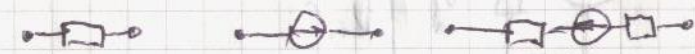
$$P_0 = I(\varphi_a - \varphi_d) = I U_{ad}$$

При $U_{ad} > 0$ $P_0 > 0$ - выд. энер.

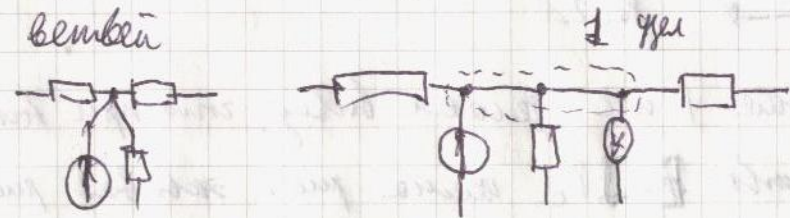
$U_{ad} < 0$ $P_0 < 0$ - погл. энер.

Структура эл. цепи (ветви, узел, контур)

Ветвь, образ 1-ым или нек. послед. сф. эл. элем.



Узел - место сф. 3-х или больш. числ ветвей



Ветви, присоед. к одной кр. узел кз паралл. любой замкнут. путь, пропоз, по кр. ветвям кз. контур.



Классиф. кз. контур, если каждой

12 и послед. контуров, отлич. от предыдущ. хотя бы одной ветвью

Баланс мощностей

(см. прокт. задание)

PROFF

Потенциальная диаграмма

(см. прокт. задание)

Метод узловых потенциалов (МУП)

Вывод метода проведем на примере схемы рисунка 3. В этом методе предварительно составляется потенциальная схема, после чего, по закону Ома - токи в ветвях.

узел 4; $\varphi_4 = 0$;

$$I_2 - J_1 - I_3 + I_4 - I_5 = 0 \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{\varphi_4 - \varphi_1 + E_2}{R_2' + R_2''} = (-\varphi_1 + E_2) \cdot \frac{1}{R_2} = (-\varphi_1 + E_2) \cdot G_2$$

$$(G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_2' + R_2''});$$

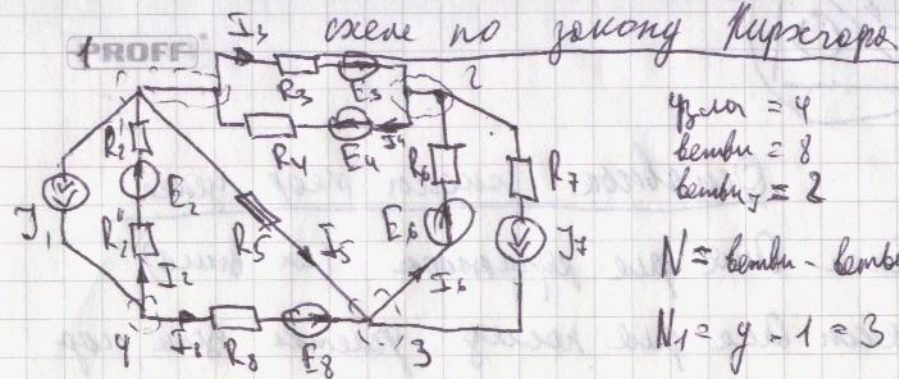
$$(2) \begin{cases} I_3 = (\varphi_1 - \varphi_2 + E_3) G_3, \\ I_4 = (\varphi_2 - \varphi_1 + E_4) G_4, \\ I_5 = (\varphi_1 - \varphi_3) G_5 \end{cases}$$

Подставим (2) $\rightarrow$ (1)

$$\begin{aligned} &= J_1 - \varphi_1 G_2 + E_2 G_2 - \varphi_1 G_3 + \varphi_2 G_3 + G_2 G_4 - \\ &- \varphi_1 G_4 + E_4 G_4 - \varphi_1 G_5 + \varphi_3 G_5 = 0 \end{aligned}$$

15

Примерной алгоритм решения



$$\begin{aligned} \varphi_{\text{узел}} &= 4 \\ \text{ветви} &= 8 \\ \text{ветви}_J &= 2 \end{aligned}$$

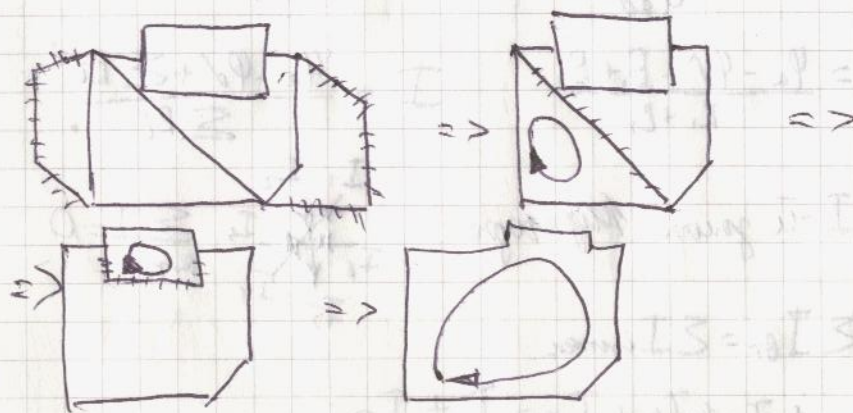
$$N = \text{ветви} - \text{ветви}_J = 6$$

$$N_1 = y - 1 = 3$$

Рис 3.

$$\begin{cases} I_2 + I_4 = I_3 + I_5 + J_1 \\ I_3 + I_6 = I_4 + J_7 \\ I_5 + I_1 + J_7 = I_6 \end{cases}$$

$$N_2 = N - N_1 = 3$$



$$E_2 - E_8 = I_2(R_2' + R_2'') + I_5 R_5 - I_6 R_6$$

$$E_3 + E_4 = I_4 R_4 + I_3 R_3$$

$$E_2 + E_2 - E_6 - E_8 = I_2(R_2' + R_2'') + I_3 R_3 - I_6 R_6 - I_6 R_6$$

14

3-20 узла.

$$\begin{cases} \varphi_1 b_{11} + \varphi_2 b_{12} + \varphi_3 b_{13} = J_{11} \\ \varphi_1 b_{21} + \varphi_2 b_{22} + \varphi_3 b_{23} = J_{22} \\ \varphi_1 b_{31} + \varphi_2 b_{32} + \varphi_3 b_{33} = J_{33} \end{cases}$$

PROFF

$$b_{33} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \left(\frac{1}{R_7 + \infty} \right) !$$

$$b_{32} = - \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7 + \infty} \right)$$

канонич. сист-ма уравнений, состав. по ме-
тоду конт. токов.

выполнить расчёт схем
методом узловых потенциалов.

Особенности расчёта схем, содержа-
щих, состоящие только из источников

Э.Д.С.

(По рисунку 3) Рассмотрим на этом примере, как

$$R_8 = 0 ; \quad \varphi_4 = 0$$

$$\varphi_3 = \varphi_4 + E_8 = E_8$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = -E_3$$

$$\begin{cases} \varphi_1 b_{11} + \varphi_2 b_{12} + E_8 b_{13} = J_{11} \\ \varphi_1 b_{21} + \varphi_2 b_{22} + E_8 b_{23} = J_{22} \end{cases}$$

далее найдем φ_1 и φ_2
и токи в ветвях.

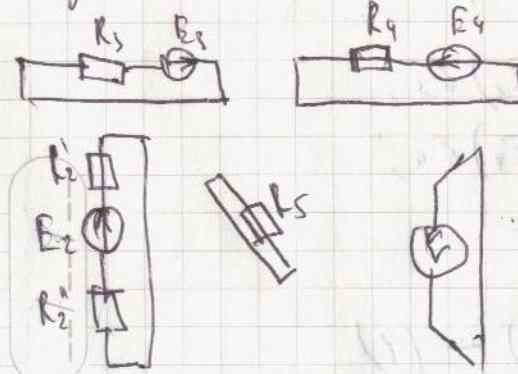
$$\begin{aligned} & \varphi_1 (b_{12} + b_{33} + b_4 + b_5) + \varphi_2 (-b_3 - b_4) + \varphi_3 (-b_5) = \\ & = -J_1 + E_2 b_2 - E_3 b_3 + E_4 b_4 \\ & \varphi_1 b_{11} + \varphi_2 b_{12} + \varphi_3 b_{13} = J_{11}, \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} b_{11} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{\infty} \\ b_{12} = - \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \\ b_{13} = - \frac{1}{R_5} \end{cases}$$

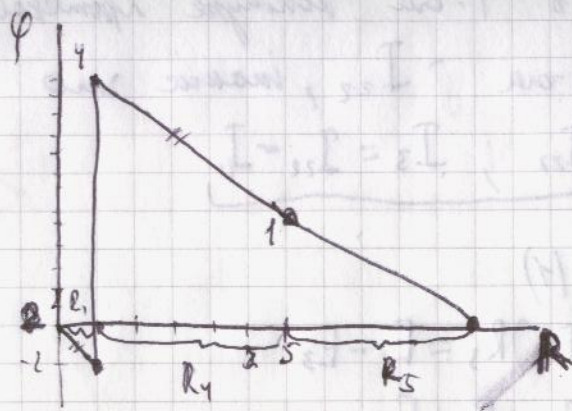
сумма провод. всех
ветвей, сходя. в 1-ом
узле

J_1 - расчетный узловый ток, равный ал-
гебре токов короткого замыкания, всех
ветвей, сходя. в 1-ом узле.

Состав. слог. со знаком "+" если напр. <
узел и с "-" , то от узла.



16 Зависимые, аналогичное φ , можно
получить. Закон Кирх для 2-го и



То потому, что можно оперировать коррекцией
и величинами тока, ~~и~~ вместо выключ. и коррекц.
сопротивл.

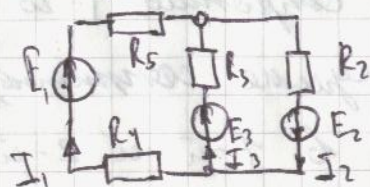
1326 $1\frac{2}{3}$; 548 $2\frac{2}{3}$

номер потока	1
номер группы	2

Метод контурных токов

Один из основных методов расчёта. В МКП, скажем принцип расчёт (контуры) юбки, после сужения контуры. т.е. полн. реальное.

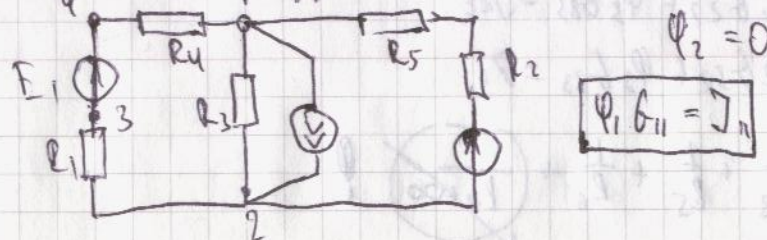
Порядок уровней равен количеству первых контуров, не считая ~~содержащих~~^{содер.} итогов тако.



$$(1) \begin{cases} I_1 + I_3 = I_2 \\ I_1(R_4 + R_5) - I_3 \cdot R_3 = E_1 - E_3 \\ I_2 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 = E_2 + E_3 \end{cases}$$

Метод двух узлов - разновидность

метода уровней потенциалов



$$G_{11} = \frac{1}{R_1 + R_6} + \frac{1}{R_3} + 0 + \frac{1}{R_2 + R_5} = \frac{3}{5}$$

$$J_{11} = -J + \frac{E_1}{R_1 + R_4} + \frac{E_2}{R_2 + R_5} = \cancel{3} 3$$

$$\frac{3}{5}y_1 = 5 \Rightarrow y_1 = \frac{5 \cdot 5}{3} = \frac{25}{3}$$

$$I_1 = \frac{V_2 - V_1 \oplus E_1}{R_1 + R_4} = 2A$$

$$I_3 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_3} = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_1 - V_2 - E_2}{R_5 + R_2} = -5A;$$

Эпонография: диаграмма - график распределения потенциалов вдоль лоб. замкнутого участка цепи не-св. источников тока.

Тук ниско. географски помек, ороно и згод
применат за ρ , семално ороно

12 $V_3 = V_1 - I_1 R_1 = -2 \text{ V}$; $V_1 = V_4 - I_1 R_4 = 13 - 8 = 5 \text{ V}$.

$$\varphi_4 = \varphi_3 + E_1 = 13 \text{ V}$$

противоположны и со знаком "+", если контурные токи совпадают.

PROFF

$$\begin{cases} E_{11} = E_1 - E_3 \\ E_{22} = E_2 + E_3 \end{cases}$$

Эквивалентные (собственные) Э.Д.С. 1-го и 2-го контуров. В Э.Д.С. контур берут со знаком "+", если совп. с контурным током и "-", если не совп.

В общем случае для схем из k контуров схема имеет вид:

$$(5) \begin{cases} R_{11} I_{11} + R_{12} I_{22} + \dots + R_{1k} I_{kk} = E_{11} \\ R_{21} I_{11} + R_{22} I_{22} + \dots + R_{2k} I_{kk} = E_{22} \\ \dots \\ R_{k1} I_{11} + R_{k2} I_{22} + \dots + R_{kk} I_{kk} = E_{kk} \end{cases}$$

$$R_{nn}; R_{mn}; E_{mn} \rightarrow (4)$$

$$I_n = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} E_{11} & R_{12} & \dots & R_{1k} \\ E_{22} & R_{22} & \dots & R_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_{kk} & R_{k2} & \dots & R_{kk} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1k} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{k1} & R_{k2} & \dots & R_{kk} \end{vmatrix}} \quad I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} \dots I_{kk} = \frac{\Delta_k}{\Delta} \quad (6)$$

21

Восприм, что в 1-ом контуре протекает ток I_{11} , а во 2-ом I_{22} , такие что $I_1 = I_{11}; I_2 = I_{22}; I_3 = I_{22} - I_{11}$

подставим (2) в (1)

$$\begin{cases} I_{11} (R_4 + R_5) - (I_{22} - I_{11}) R_3 = E_1 - E_3 \\ I_{22} \cdot R_2 + (I_{22} - I_{11}) R_3 = E_2 + E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} (R_4 + R_5 + R_3) + I_{22} (-R_3) = E_1 - E_3 \\ I_{11} (-R_3) + I_{22} (R_2 + R_3) = E_2 + E_3 \end{cases}$$

$$(3) \begin{cases} I_{11} R_{11} + I_{22} R_{12} = E_{11} \\ I_{11} R_{21} + I_{22} R_{22} = E_{22} \end{cases}$$

(3) Канонич. уравн. по МКТ с 2-мя независимыми контурами, где R_{ii} - полное сопротивление 1-го контура.

$$\begin{cases} R_{11} = R_3 + R_5 + R_4 \\ R_{22} = R_2 + R_3 \end{cases}$$

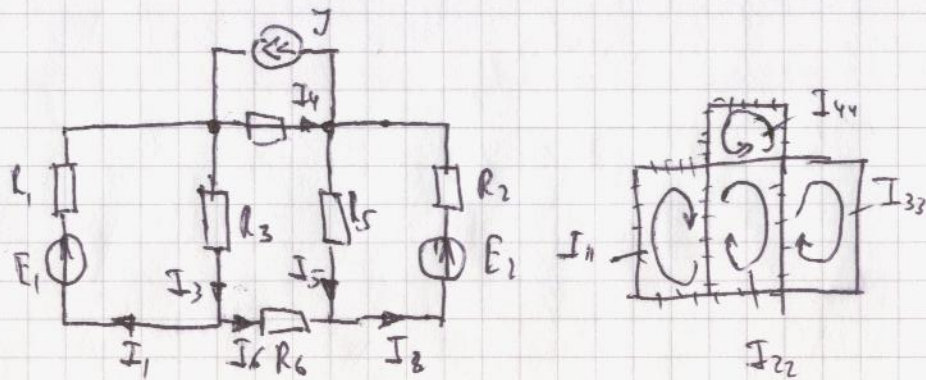
$$(4) \begin{cases} R_{12} = -R_3 \end{cases}$$

R_{12} - общее (считаем) сопротивление 1-го и 2-го контуров, равно сумме сопротивлений

20 одновременно вход и в 1-й и 2-й контуры, взят с "-", если токи

Алгоритм применения МКТ

Пример применения Алгоритма МКТ



$$\begin{cases} R_{11}I_1 + R_{12}I_2 + R_{13}I_3 + R_{14}J = E_1 \\ R_{21}I_1 + R_{22}I_2 + R_{23}I_3 + R_{24}J = E_2 \\ R_{31}I_1 + R_{32}I_2 + R_{33}I_3 + R_{34}J = E_3 \end{cases}$$

$$R_{11} = R_1 + R_3; \quad R_{33} = R_5 + R_2; \quad R_{22} = R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_3; \quad R_{23} = R_{32} = -R_5;$$

$$R_{14} = 0; \quad R_{24} = R_4; \quad R_{13} = R_{31} = 0; \quad R_{34} = 0$$

$$E_1 = E_1; \quad E_2 = 0; \quad E_3 = -E_2$$

$$I_1; \quad I_2; \quad I_3$$

$$I_1 = I_1; \quad I_2 = -I_3; \quad I_3 = I_4 - I_2;$$

$$I_4 = I_2 + J; \quad I_5 = I_2 - I_3; \quad I_6 = -I_2$$

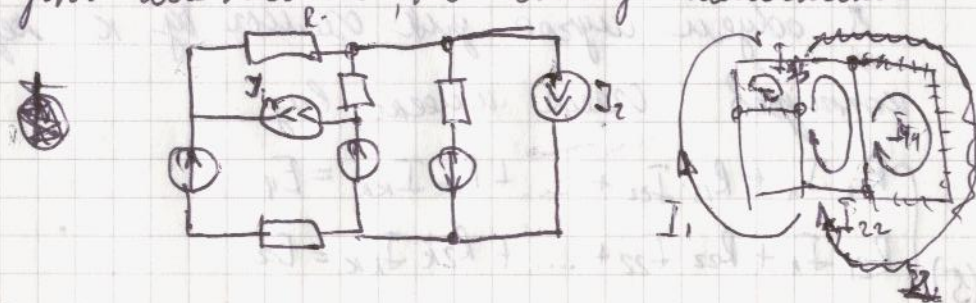
Возьмем заданы следующие, если

$$E_1 = 12 \text{ В}, \quad E_2 = 18 \text{ В}, \quad J = 3 \text{ А}, \quad R = 10 \text{ Ом}$$

Особенности примен МКТ

к решению систем, соф. имеют.
можно

Для прав. выбора контуров переходим к следующему МКТ, заменяя равными для бы. перебора контуров, не соф. имеют. можно, однако, в конт. у. ур. не-ли. задан. (ген. включение, по числу источников тока)



$$I_{14} = J; \quad I_{33} = J;$$

$$R_{11}I_1 + R_{12}I_2 + R_{13}J_1 + R_{14}J_2 = E_1$$

$$R_{21}I_1 + R_{22}I_2 + R_{23}J_1 + R_{24}J_2 = E_2$$

$$R_{13} = (R_5 + R_2);$$

$$R_{14} = 0;$$

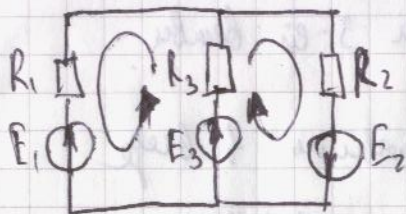
$$R_{23} = -R_3;$$

$$R_{24} = -R_2$$

! Взяв все-ту уравнение, найдем ток. ток, после чего найдем разность токов в ветвях!

Принцип и метод наложения

Рассмотрим на примере



$$I_1 = I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} E_{11} & R_{12} \\ E_{21} & R_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix}}$$

$$= (E_1 - E_3)(-1)^{1+1} \frac{\Delta_{11}}{\Delta} + (E_3 + E_2)(-1)^{1+2} \frac{\Delta_{12}}{\Delta}$$

$$\cdot \frac{\Delta_{12}}{\Delta} = E_1(-1)^{1+1} \frac{\Delta_{11}}{\Delta} + E_2(-1)^{1+2} \frac{\Delta_{12}}{\Delta} + E_3(-1)^{1+2} \frac{\Delta_{11} + \Delta_{12}}{\Delta} =$$

$$= E_1 g_{11} + E_2 g_{12} + E_3 g_{13} \quad (1) \text{ Аналог. можно для}$$

$$\text{напряжения } I_2 = E_1 g_{21} + E_2 g_{22} + E_3 g_{23} \quad (2)$$

Δ_{kk} - определитель структурной схемы и значение сопротивления, по не Э.Д.С.

Если $E_2 = 0$, $E_3 = 0$, то $I_1 = I_1' = E_1 g_{11}$

g_{11} - проводимость 1-ой ветви

численно равно току в этой ветви, возбуждаемому единич. Э.Д.С. в 1 вольт, при

условии E_2 и $E_3 = 0$

$I_1 = I_1'' = E_2 g_{12}$; g_{12} - взаимная провод.

1-ой и 2-ой ветви, числ. равная

току в 1-ой ветви, возб. Э.Д.С. E_2

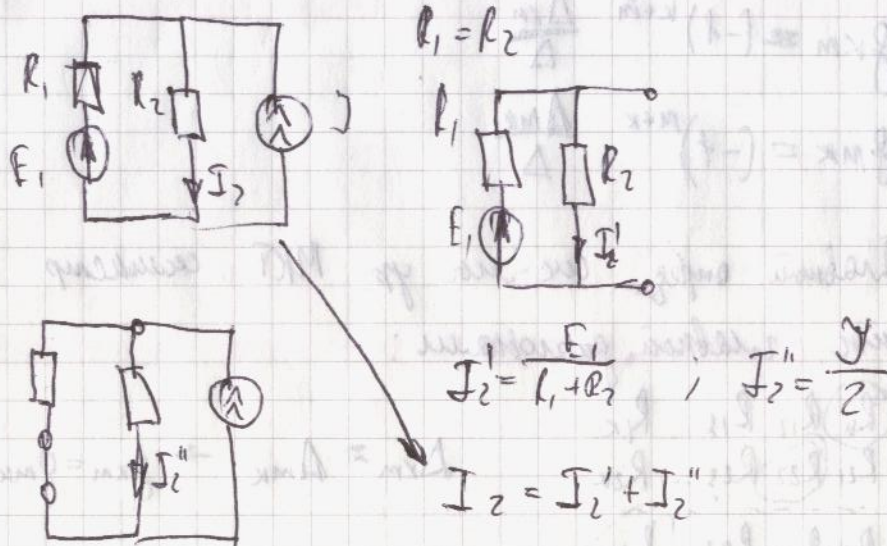
включ. во 2-ую ветвь, по 1 вольт, при

PROFF

на принципе наложения основан
метод наложения.

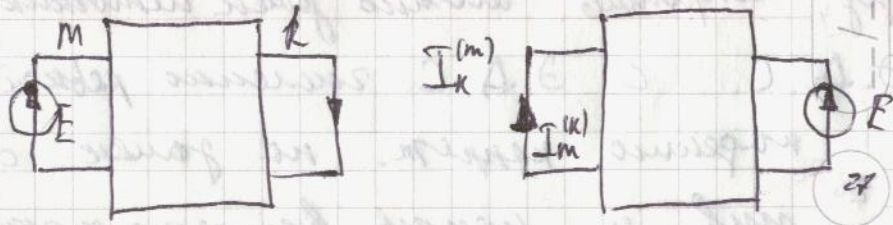
PROFF

Пример:



Принцип взаимности:

В цепи с л. э. цепь, ток в k -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви.



Исп. МКТ и принцип наложения.

принцип, что остальные E нулевые

$$I_1 = I_1'' = E_3 g_{13}$$

g_{13} - коэффициент 1-й и 3-ей ветви.

Форм. (1) можно переписать в виде

$I_1 = I_1' + I_1'' + I_1'''$ (3) - принцип наложения, согласно которому ток любой ветви л. э. электр. цепи равен сумме токов, возд. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви.

тогда в отдельности

$I_1'; I_1''; I_1'''$ - частичные токи.

В общей цепи для ветви, сод. несколько ветвей, в м.т. и с источ. тока принцип наложения применяется

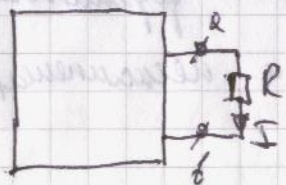
$$I_k = \sum_{m=1}^n g_{km} E_m + \sum_{n=1}^N h_{kn} I_n \quad (4)$$

h_{kn} - передаточный коэфф. по току между k -ой и n -ой ветвями. Равен току в k -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_m в m -ой ветви, возб. ~~результат~~ E_k в k -ой ветви.

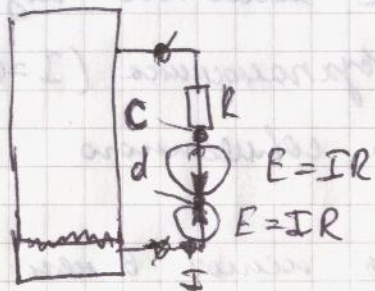
26

это др. вет. энерг. в общей цепи.

Эти контуры.



Введём две ортасы и
применим закон
Э.Д.С. $E = I \cdot R$

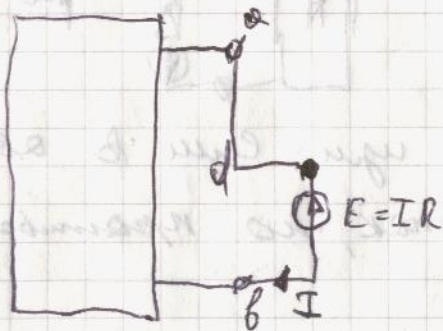


$$\varphi_c = \varphi_e - IR$$

$$\varphi_d = \varphi_c + E = \varphi_e - IR + IR$$

Точки, между которыми равны, можно
объединить в одну точку.

Если объединим точки получим



Метод эквивалентного генератора (МЭГ)

Пусть пред нами ток в ветви ab некоей
эл. схемы. Выделим эту ветвь, 28 и
оставшуюся часть схемы выделим

выделим контуры м.о., тогда k-я ветвь
будет только в k-ый контур, а m-я
в m-ый контур.

$$g_{km} = (-1)^{k+m} \frac{\Delta_{km}}{\Delta}$$

$$g_{mk} = (-1)^{m+k} \frac{\Delta_{mk}}{\Delta}$$

Главный определитель матрицы
определителей:

$$\begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & \dots & R_{1k} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & \dots & R_{2k} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & \dots & R_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{k1} & R_{k2} & R_{k3} & \dots & R_{kk} \end{pmatrix}$$

$$\Delta_{km} = \Delta_{mk} \rightarrow g_{km} = g_{mk}$$

$$I_k = g_{k1} E_1 + g_{k2} E_2 + \dots + g_{km} E_m + \dots = g_{km} E_m = I_k^{(m)}$$

$$I_m = g_{m1} E_1 + g_{m2} E_2 + \dots + g_{mk} E_k + \dots = g_{mk} E_k = I_m^{(k)}$$

Очевидно, что при $E_m = E_k$, $I_k^{(m)} = I_m^{(k)}$

Теор. компенсации

любой эл. цепь, без учета источника
през, сопротивлений можно заменить

Э.Д.С. с Э.Д.С. замкнутой цепи

короткого замыкания по закону Ома
и исправ. ветви ток в

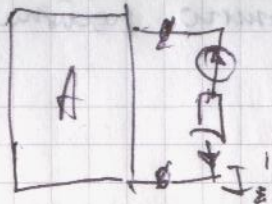


рис 4

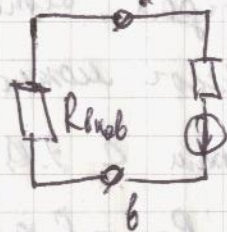


рис 5

PROFF

$I = I' + I''$ I' - ток воз. в ветви аб иет
э.е. E_1 и всели источник активного руж-
на. I'' - ток, воз. в той же ветви дейст.
только Э.Д.С. E_2

Очевидно пассивный ружна. рис. 5 сост.
только и сопротив, можно дать один
эквив. сопротив



$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_b - E_1}{R}$$

Выберем E_1 , чтобы I' был равен 0,
это сост. ретину холостого хода
актив. ружна. $\varphi_a - \varphi_b = U_{ab\text{хх}}$

$$E_1 = U_{ab\text{хх}}$$

моще и E_2 дажно быть $E_2 = U_{ab\text{хх}}$

активный ружна. источник.

активный ружна. источник - ружна. источник, со-
внутри набор сопротив и, некомпенсир. сист.

эл. энергии

В ретину холостого хода
такого ружна. источника ($I=0$).
результат совмещенного

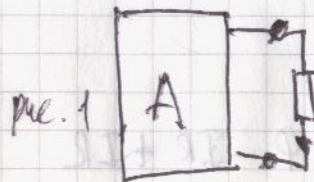


рис. 1

действ. некомпенсир. немот, в него вв-
продви. в появлении тинного от куд
напряжения холостого хода ($U_{ab\text{хх}} \neq 0$)



рис 2

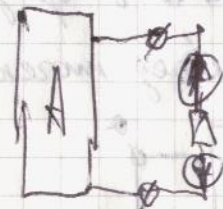
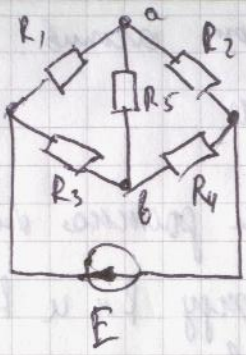


рис 3

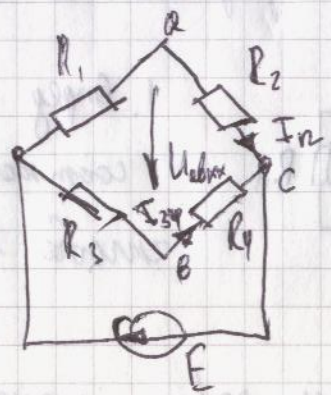
Ток I рис 1 не изм, если в аб
включим руже один, но противополож.
напр. E .

Восполнение принципа полетения,
редств схему рис 3. на 2.



$$I_5 = ?$$

PROFF

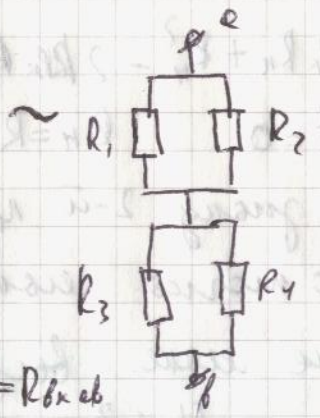
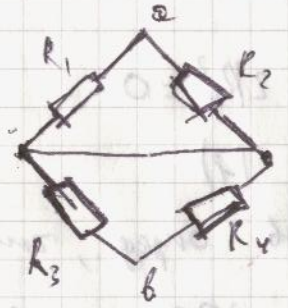


$$I_{12xx} = \frac{E}{R_1 + R_2} ; \quad I_{34xx} = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

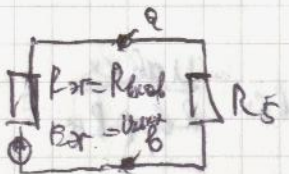
$$P_c = P_a - I_{12xx} R_2$$

$$P_b = P_c + I_{34xx} R_4 = P_a - I_{12xx} R_2 + I_{34xx} R_4$$

$$P_a - P_b = U_{abxx} = I_{12xx} R_2 - I_{34xx} R_4$$



$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = R_{abxx}$$



$$I_5 = \frac{U_{abxx}}{R_{abxx} + R_5}$$

$$I_{43} = \frac{U_{abxx}}{R_{abxx}}$$

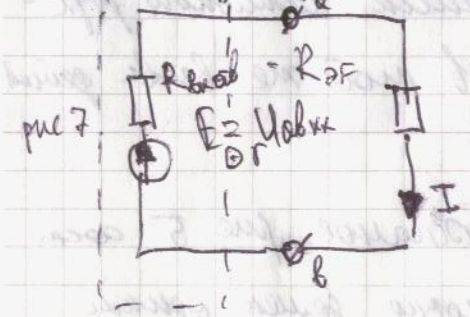
33

=> no scheme pic 6, memory picture 1"

$$I' = \frac{E_2}{R_{bxab} + R} = \frac{U_{abxx}}{R_{bxab} + R}$$

$$I = I' + I'' = 0 + I' = \frac{U_{abxx}}{R_{bxab} + R}$$

Схема при соотв. изм. схемы замещения



Возм. цепь разомкнута (схема, предполож. сдвинутого эквив. генератора).

Вывод: по схеме к вольт. ветви без остатка. разомкн. эквив. можно заменить эквив. генератором с Э.Д.С. $E_{2F} = U_{abxx}$ и сопротивл. $R_{2F} = R_{bxab}$. На замену двух паралл. экв. ветвей. расчеты не требуются. экв. ветвей. расчеты не требуются. экв. ветвей. расчеты не требуются.

32

Пример расчета схемы.

$$= \frac{U_{ab\max}^2}{R_{bx} + R_n} \quad \eta = \frac{P_n}{P_{\Sigma}} = \frac{P_n}{R_{bx} + R_n}$$

PROFF

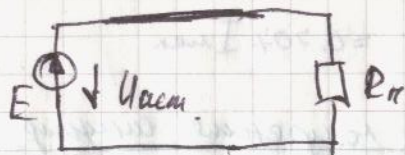
опред КПД. в точке макс.

$$\eta = 0,5$$

С таким низким КПД можно не считаться, когда R_n - мало, к примеру датчики димплайста автотормозной характ. минимальной мощ. в режиме сопрягов. такого дат. с маломощ. целью, в него поступ. макс. возможная энергия.

Передача энергии по линия передачи.

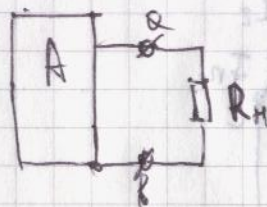
При передаче больш. мощи по лини эл. передач, который ~~до~~ макс. КПД имеет экстрем. значение.



35

Передача энергии от актив. нагрузки к нагрузке.

PROFF



1. Опред каков режим будет соответс. между R_n и R_b . чтобы в R_n была макс. мощ.

2. Чему равна макс. мощ.

3. каков КПД передачи.

$$I = \frac{U_{ab\max}}{R_{bx} + R_n} \quad P_n = I^2 R_n = \frac{U_{ab\max}^2}{(R_{bx} + R_n)^2} R_n$$

$$1) \frac{dP_n}{dR_n} = \frac{U_{ab\max}^2 (R_{bx} + R_n)^2 - 2(R_{bx} + R_n) U_{ab\max}^2 R_n}{(R_{bx} + R_n)^4} = 0$$

$$R_{bx}^2 + 2R_{bx}R_n + R_n^2 - 2R_{bx}R_n - 2R_n^2 = 0$$

$$R_{bx}^2 - R_n^2 = 0 \quad R_n = R_{bx} \quad (1)$$

по знаку 2-й произв. опред., что это точка макс., поэтому форму (1) условие макс. возмож. нагрузки.

$$2) P_{n\max} = \frac{U_{ab\max}^2}{4R_{bx}}$$

34

$$3) P_{\Sigma} = E_{\Sigma} \cdot I = U_{ab\max} \frac{U_{ab\max}}{R_{bx} + R_n} =$$