чему при расчете цепи, содержащей n узлов, по первому закону

рхгофа можно составить только n - 1 уравнений ?

ожно ли для контура, содержащего только пассивные элементы, соста-

ть уравнение по второму закону Кирхгофа? Если можно, то какой вид

о будет иметь?

а чем основывается метод наложения? Как производится расчет цепи по

ому методу? Показать на примере.

то называется двухполюсником (активным и пассивным)?

зложите сущность метода эквивалентного генератора.

зложите на примере расчета простейшей нелинейной цепи сущность

афоаналитического метода.

ва резистора R_1 и R_2 соединены параллельно. Ток в неразветвленной

сти цепи равен I_0. Выведите выражения для токов I_1, I_2 через ток I_0 и

опротивления R_1, R_2.

цепи действуют несколько источников питания. Некоторые из них

аботают в режиме генератора, а остальные в режиме потребителя. По

акому признаку определяется режим работы тех и других источников

итания?

Объясните причину нелинейности вольт-амперной характеристики

ампы накаливания с металлической нитью.

В чем состоят условия передачи приемнику максимальной энергии?

Нарисуйте график передаваемой мощности в зависимости от тока сети.

Какую вольт-амперную характеристику должен иметь нелинейный

элемент электрической цепи для обеспечения стабилизации тока?

Какую вольт-амперную характеристику должен иметь нелинейный

элемент электрической цепи для обеспечения стабилизации

напряжения?

Нарисуйте и поясните вольт-амперную характеристику источника

напряжения.

30. Нарисуйте вольт-амперную характеристику источника тока. Поясните эту характеристику.

Задача ЭЦ-1. Расчет линейной цепи постоянного тока

Параметры схемы первой задачи, номер рисунка которой указан в таблице вариантов (табл. 1-1), приведены в табл.1-2.

ЭДС и сопротивления задаются в единицах системы СИ (В,Ом).

Задание

1. Определить токи в ветвях схемы с помощью законов Кирхгофа.

2. Определить токи в ветвях схемы методом контурных токов.

3. Определить показания вольтметра.

4. Составить уравнение баланса мощностей и проверить его подстановкой числовых значений.

Таблица 1-2

Пара-метр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E_1	34	10	15	40	50	25	16	30	24	12
E_2	12	25	30	25	70	-12	8	12	6	20
E_3	24	-12	8	10	18	8	-24	16	-6	8
E_4	-40	15	-10	40	32	10	32	-30	15	12
E_5	34	30	18	-20	40	15	20	15	-20	-6
E_6	18	32	16	15	-24	50	14	8	12	30

	Предпоследняя цифра шифра									
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
R_{01}	1	2	5	4	2	1	3	3	4	5
R_{02}	2	3	1	5	4	3	5	4	2	1
R_1	17	21	41	30	19	15	20	10	17	12
R_2	31	15	32	20	35	19	15	7	32	15
R_3	23	42	15	47	45	27	32	18	15	8
R_4	51	33	20	38	27	40	50	22	40	31
R_5	32	18	10	51	31	52	17	20	71	54
R_6	40	35	16	17	25	35	23	34	16	70

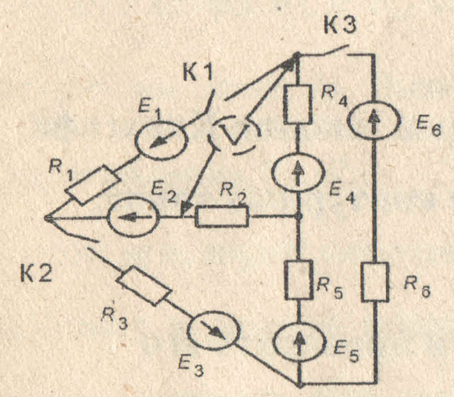

Рис.1

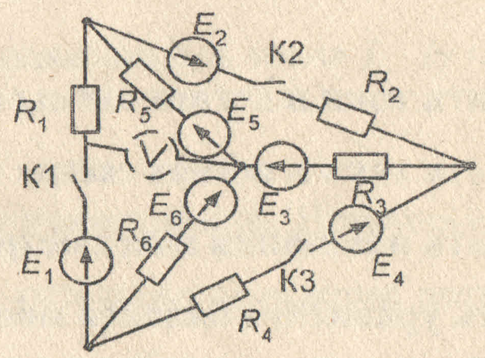

Рис.2

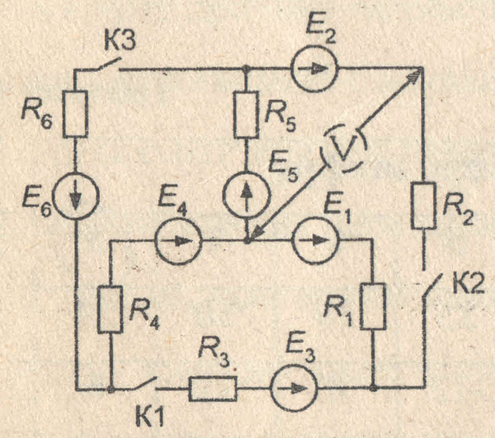

Рис. 3

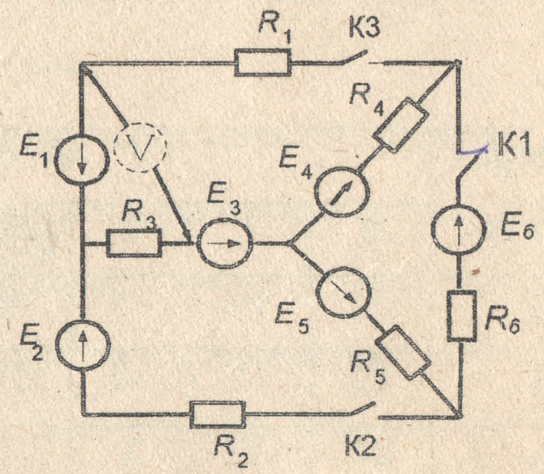

Рис. 4

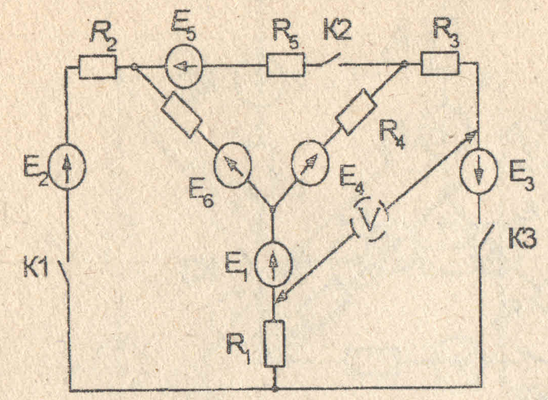

Рис.6

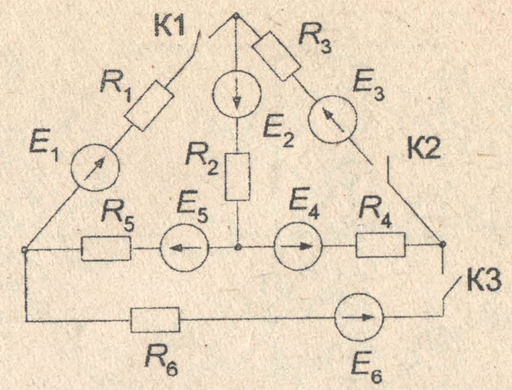

Рис. 5

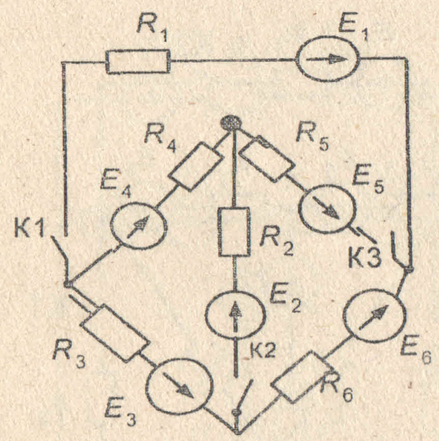

Рис. 7

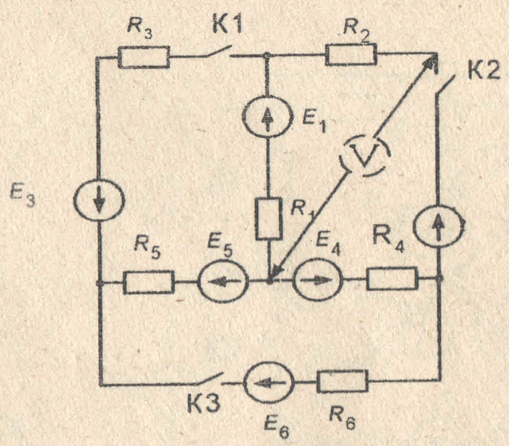

Рис..8

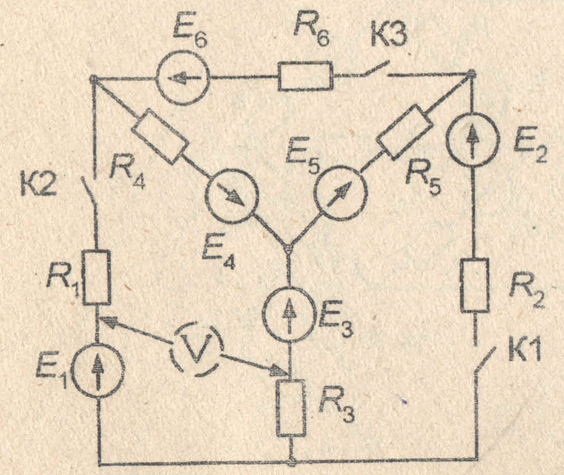

Рис. 9

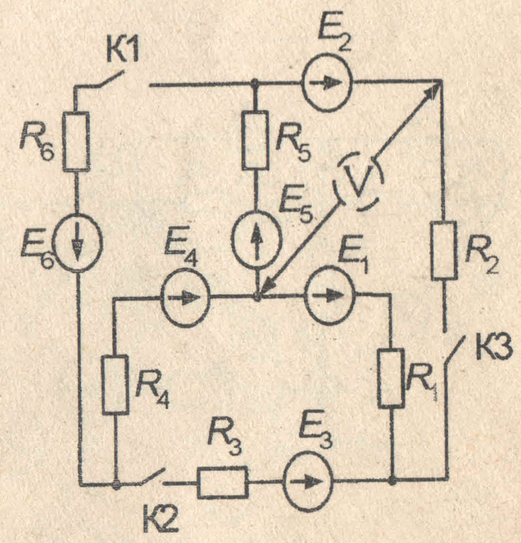

Рис. 10

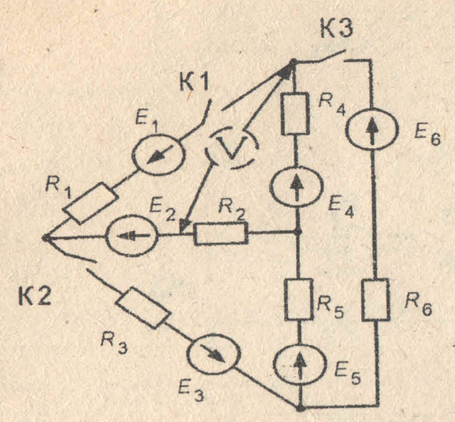

Рис.11

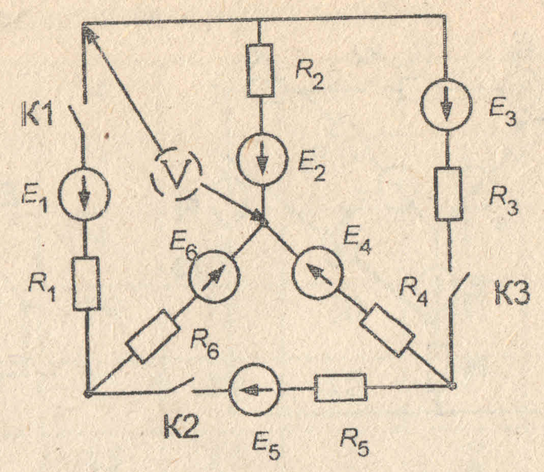

Рис.12

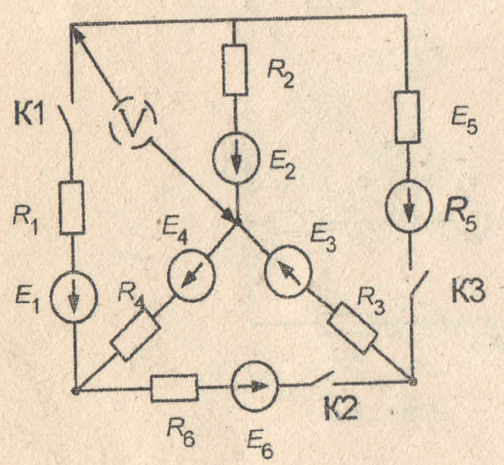

Рис.13

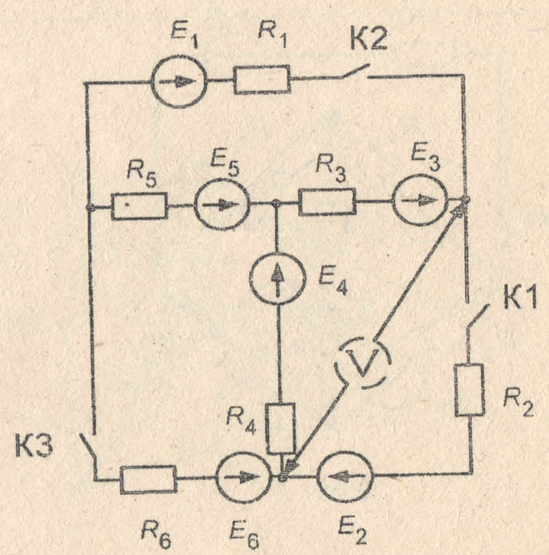

Рис14

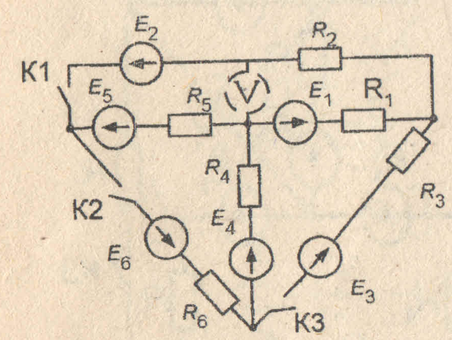

Рис.15

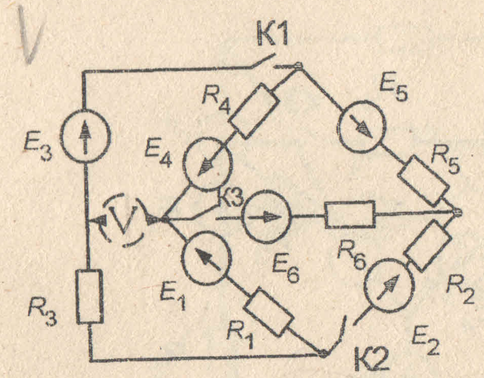

Рис.16

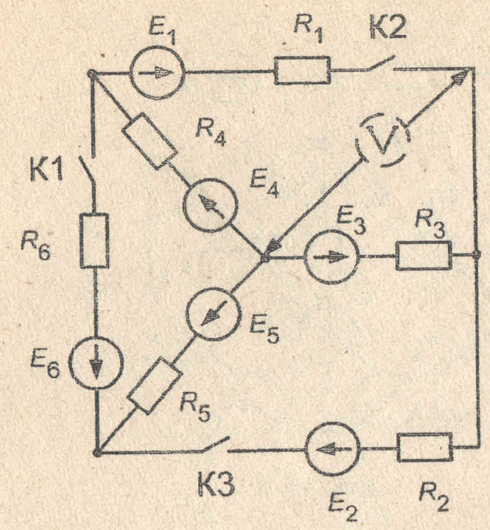

Рис.17

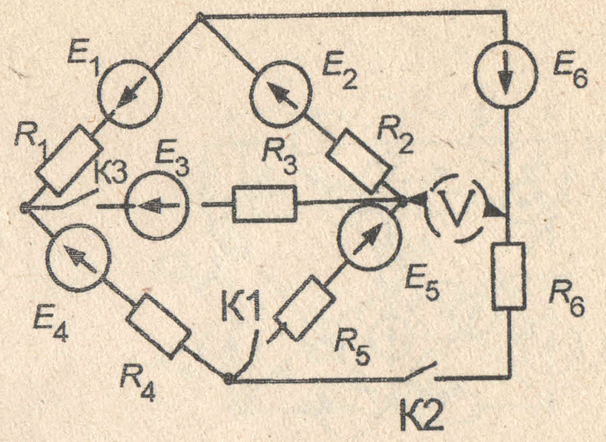

Рис. 18

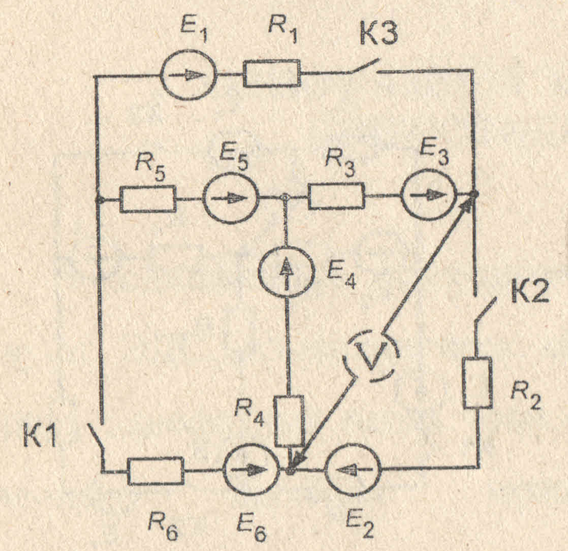

Рис.19

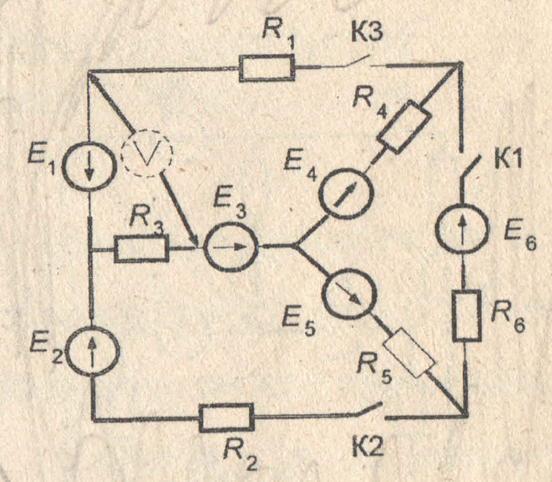

Рис. 20

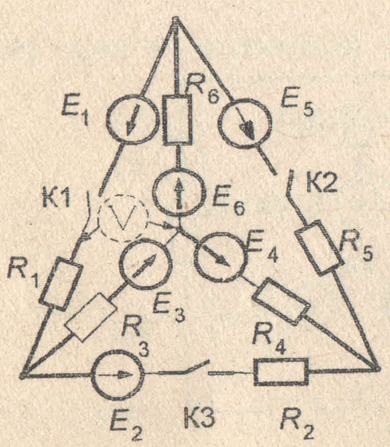

Рис. 21

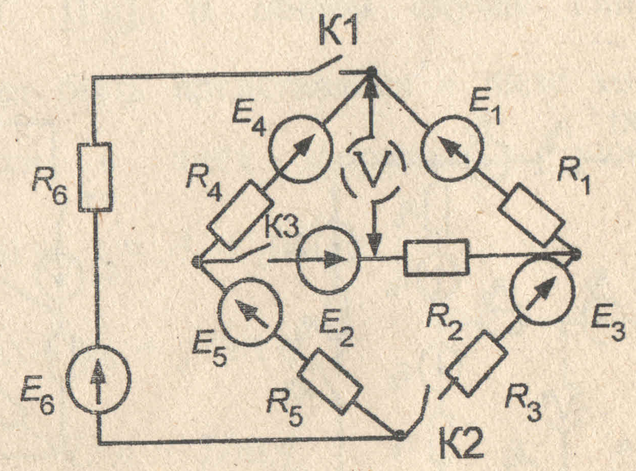

Рис. 22

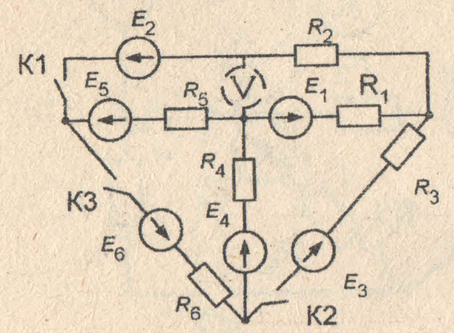

Рис..23

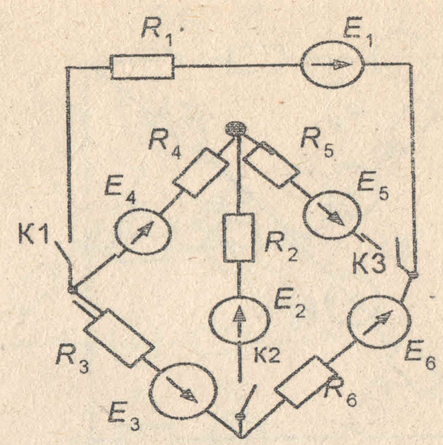

Рис..24

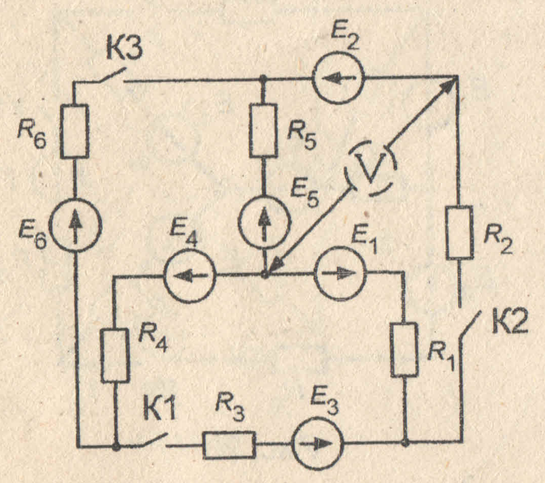

Рис.25

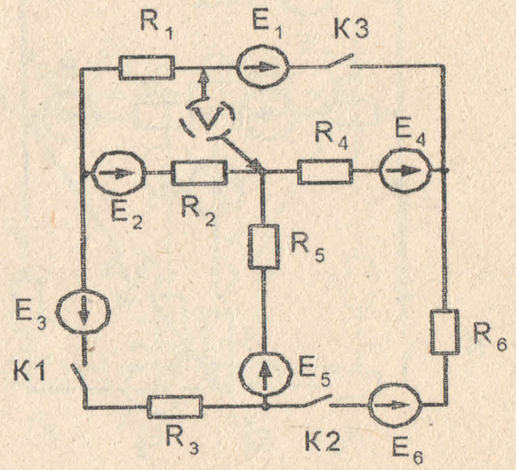

рис.26

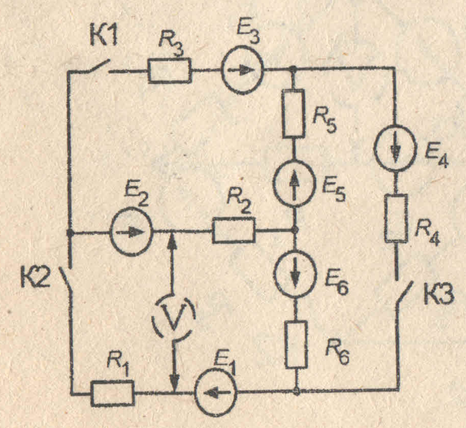

Рис.27

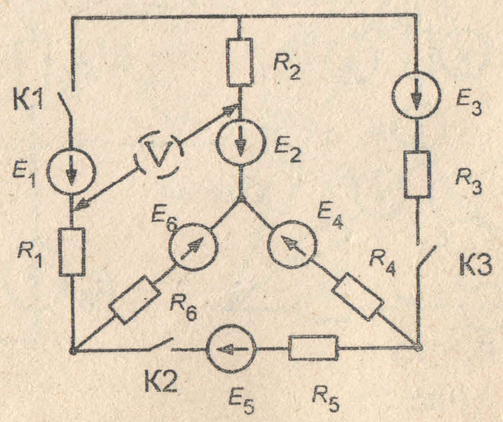

Рис.28

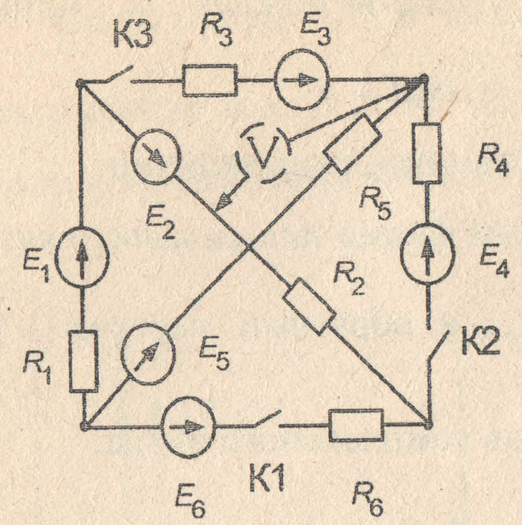

Рис. 29

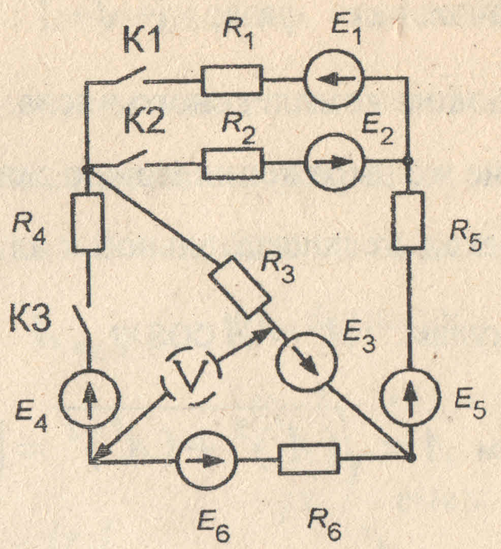

Рис.30

2. ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

В однофазных электрических цепях в большинстве случаев действуют ЭДС, изменяющиеся по синусоидальному закону, поэтому в линейных однофазных цепях токи и напряжения также синусоидальны, их мгновенные значения можно выразить аналитически $a = A_m \sin(\omega t + \psi_a)$, где a - мгновенное значение величины; A_m - амплитудное значение; ω - угловая частота; ψ_a - начальная фаза; $\omega = 2\pi f$, f - частота источника ЭДС [Гц]. В общем случае синусоидально изменяющаяся величина может быть представлена в виде комплексного числа, которое записывается в трёх формах: - показательной

$\underline{A} = Ae^{j\psi_a} = A(\cos\psi_a + j\sin\psi_a) = A' + jA''$;

- тригонометрической $\underline{A} = A(\cos\psi_a + j\sin\psi_a)$;

- алгебраической $\underline{A} = A' + jA'' = Re\underline{A} + jIm\underline{A}$.

Здесь $A = A_m / \sqrt{2}$ - действующее значение синусоидальной величины;

$\underline{U}_{CA} = \underline{U}_C - \underline{U}_A = \underline{U}_Л < 150°$ и соответственно

$$\underline{U}_{фA} = \frac{\underline{U}_{CA} - \underline{U}_{AB}}{3}; \underline{U}_{фB} = \frac{\underline{U}_{AB} - \underline{U}_{BC}}{3}; \quad \underline{U}_{фC} = \frac{\underline{U}_{BC} - \underline{U}_{CA}}{3}.$$

Для соединения «треугольник» Δ - напряжение фазы равно напряжению линии $\underline{U}_{ФA} = = \underline{U}_{ЛA}$, а ток фазы меньше тока линии в $\sqrt{3}$ раз, т. е. $I_ф = \frac{I_л}{\sqrt{3}}$ при симметричной нагрузке, а в общем случае:

$\underline{I}_A = \underline{I}_{ab} - \underline{I}_{ca}$; $\underline{I}_B = \underline{I}_{bc} - \underline{I}_{ab}$;

$\underline{I}_C = \underline{I}_{ca} - \underline{I}$.

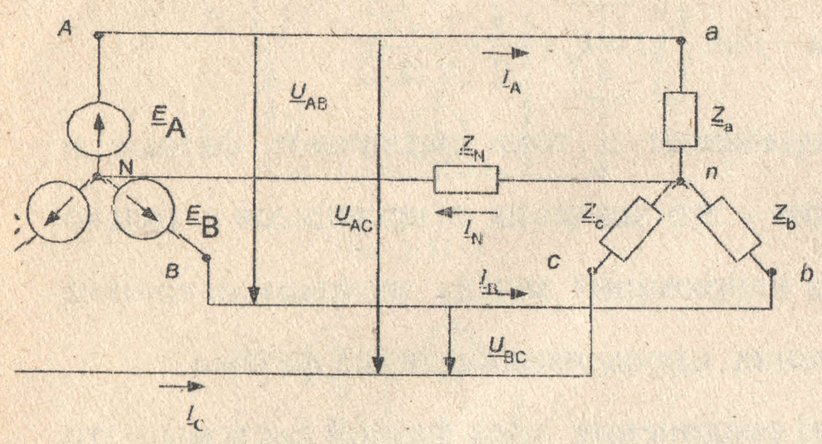

Рис. 3-3

В трёхфазной системе может иметь место наличие четвертого провода (четырех проводная система) – это провод между нулевыми точками при соединении источника и потребителя в «звезду с нулём» (условное обозначение Y-o) рис.3-3

В этом случае напряжение между нулевыми точками источника и потребителя определяется согласно известному выражению (формуле):

$$\underline{U}_{Nn} = \frac{\underline{U}_A \underline{Y}_A + \underline{U}_B \underline{Y}_B + \underline{U}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N},$$

где $\underline{U}_A$, $\underline{U}_B$, $\underline{U}_C$ - комплексные фазные напряжения источника питания;

$\underline{Y}_A$, $\underline{Y}_B$, $\underline{Y}_C$ - комплексные полные проводимости ветвей (фаз); Y_N - комплексная полная проводимость нейтрального провода .Если нейтральный провод отсутствует, то его проводимость $\underline{Y}_N$=0. Для данной системы соединения справедливы соотношения : $U_A` = \underline{U}_A - \underline{U}_{Nn}$; $\underline{I}_A = \underline{U}_A`\underline{Y}_A$;

$\underline{U}_B` = \underline{U}_B - U_{N\,n}$; $\underline{I}_B = \underline{U}_B`\underline{Y}_B$;

$\underline{U}_C` = \underline{U}_C - \underline{U}_{Nn}$; $\underline{I}_C = \underline{U}_C`\underline{Y}_C$.

Мощность фазы трёхфазной системы определяется по выражениям: активная - $P_Ф = U_Ф I_Ф \cos\varphi_Ф$; реактивная - $Q_Ф = U_Ф I_Ф \sin\varphi_Ф$; полная -

$S_Ф = \sqrt{P_Ф^2 + Q_Ф^2}$, для трехфазной симметричной цепи $S_Σ = \sqrt{3}\, U_л\, I_л$ - независимо от схемы соединения цепи;

Задача ЭЦ-3. Расчет трехфазной цепи

В трехфазную сеть включены однофазные приемники, которые образуют симметричную и несимметричную нагрузки. Данные приемников приведены в табл.3-1*а,б*

Задание:

1. **Составить расчетную схему включения приемников.**
2. **Составить схему включения ваттметров для измерения активной мощности**
3. **Определить линейные токи.**
4. **Построить векторные диаграммы электрического состояния цепи.**
5. **Определить потребляемую полную, активную и реактивную мощности приемников.**

Таблица 3-1*а*

Параметр	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\underline{U}_A$ фазы, В	690	400	230	130	80	56	100	170	290	500
Схема источника	Y	Δ	Y	Δ	Δ	Y	Δ	Y	Y	Δ
R_a, Ом	10	25	40	15	30	50	20	35	45	30
R_b, Ом	15	30	45	20	35	40	10	25	50	20
R_c, Ом	20	35	50	10	25	45	15	30	40	50

Таблица 3-1*б*

Пара метр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\cos \varphi_{2a}$	15°	30°	10°	16°	45°	25°	18°	12°	20°	35°
$\cos \varphi_{2b}$	20°	35°	12°	18°	40°	10°	15°	25°	30°	45°
$\cos \varphi_{2c}$	25°	40°	14°	20°	35°	16°	10°	45°	18°	30°
Схема	Y-o	Y	Y-o	Y	Δ	Y-o	Δ	Y	Y-o	Δ
Ψ_0	0	$\frac{\pi}{12}$	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{-\pi}{2}$	$\frac{-\pi}{6}$	$\frac{-\pi}{4}$	$\frac{-\pi}{4}$	$\frac{-\pi}{2}$

Примечания:

*1. При соединении потребителя по схеме «звезда с нулем» (**Y-o**) принять наличие нулевой точки у источника соединенного «звездой» (**Y**).*

*2. В вариантах, где источник питания соединен **Δ**, при наличии нулевой точки в нагрузке принять соединение источника (**Y-o**) не меняя ЭДС фаз.*

3. В табл. 3-1б Ψ_0 – начальная фаза исходного напряжения.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение трехфазной системы синусоидального тока.
2. Поясните преимущества трехфазной системы синусоидального тока в сравнении с однофазной системой.
3. Укажите способы соединения потребителей электроэнергии в трехфазной системе.
4. Объясните назначение нейтрального провода и поясните, почему в этот провод не включаются разъединители и предохранители.
5. Каково соотношение между фазными и линейными напряжениями в трехфазной цепи соединенной **Y**? Нарисуйте схему этого соединения.
6. Каково соотношение между фазными и линейными напряжениями в трехфазной цепи соединенной Δ? Нарисуйте схему этого соединения.

7. Каково соотношение между фазными и линейными токами в трехфазной цепи соединенной **Y**? Нарисуйте схему этого соединения.
8. Каково соотношение между фазными и линейными токами в трехфазной цепи соединенной Δ? Нарисуйте схему этого соединения.
9. Укажите (нарисуйте) способы включения ваттметра для измерения активной мощности в 3 - х проводной трехфазной электрической цепи.
10. Укажите (нарисуйте) способы включения ваттметра для измерения активной мощности в 4-х проводной трехфазной электрической цепи.
11. Укажите (нарисуйте) способы включения ваттметра для измерения реактивной мощности в трехпроводной трехфазной электрической цепи.
12. Укажите (нарисуйте) способы включения ваттметра для измерения реактивной мощности в 4-х проводной трехфазной электрической цепи.
13. Какого вида могут быть короткие замыкания в трехфазных трехпроводных электрических цепях ? Нарисуйте их схемы.
14. Какого вида могут быть короткие замыкания в четырехпроводных трехфазных электрических цепях ? Нарисуйте их схемы.
15. Объясните, почему опасно короткое замыкание фазы потребителя электроэнергии в четырехпроводной системе трехфазной цепи.
16. Объясните, почему опасно короткое замыкание фазы потребителя электроэнергии в трехпроводной системе трехфазной цепи.
17. Укажите условия полной симметрии трехфазного потребителя электроэнергии.
18. Укажите условия частичной симметрии трехфазного потребителя электроэнергии.
19. Как изменятся напряжения потребителя электроэнергии в четырехпроводной трехфазной симметричной системе при отключении нейтрального провода?
20. Как изменятся токи потребителя электроэнергии в 4-х проводной