

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### *Расчет и анализ линейной электрической цепи синусоидального тока*

#### **Введение**

Целью расчетно-графической работы №2 является освоение методов расчета и анализа линейных электрических цепей синусоидального тока. При этом студенты должны научиться составлять уравнения по законам Кирхгофа в дифференциальной и символической форме, строить векторные и топографические диаграммы, определять мощности генерирования и потребления энергии, проверять достоверность полученных результатов расчета.

#### **Методические указания по выполнению РГР №2**

Для выполнения РГР №2 необходимо изучить соответствующую главу по учебным пособиям [1,2] и лекциям, использовать задачи, решенные на практических занятиях, а также наблюдения и навыки, полученные при выполнении лабораторных работ.

При выполнении работы студенты должны соблюдать требования стандартов [3,4]. Схемы и диаграммы выполняются карандашом и чертежным инструментом, аккуратно и в удобном масштабе, который для диаграмм принято указывать в следующем виде, например:  $m_u=10\text{В/мм}$ ,  $m_i=2\text{ А/мм}$ .

Выполнение каждого пункта задания сопровождается пояснениями и выводами, соблюдая при этом заданный порядок выполнения с соответствующей рубрикацией.

Не рекомендуется изменять в пределах одной работы направления токов и напряжений, наименования узлов, сопротивлений, токов и их индексов, заданные и первоначально принятые.

Не допускается в тексте сокращенное написание слов, кроме общепринятых, таких как ЭДС, КПД и др.

Расчет каждой искомой величины сначала представляется в общем виде, а затем в полученную формулу подставляются числовые значения и приводится окончательный результат с указанием единицы измерения.

Важным этапом работы является анализ полученных результатов, умение удостовериться в их правильности, с тем чтобы продолжать работу, располагая правильными данными предыдущих расчетов. Например, после расчета комплексов линейных токов, следует проверить правильность расчета, подставив их значения в уравнение, составленное по первому закону Кирхгофа для узла. Погрешность расчетов не должна превышать  $\pm 1\%$ .

Кроме этого важно понять свойства и особенности исследуемой электрической цепи. Поэтому не следует ограничиваться только получением результатов, не понимая их физического смысла. Например, при расчете фазных токов приемников следует убедиться на векторной диаграмме, что взаимное расположение соответствующих фазных напряжений и токов отвечают заданному характеру фаз приемника. При определении мощности потребления энергии учитывать характер фаз приемника. Показания ваттметров целесообразно определять с помощью поясняющих векторных диаграмм, где на комплексной плоскости должны быть представлены соответствующие векторы напряжения и тока на ваттметрах с учетом заданной схемы его включения, обозначенной точками около генераторных клемм. При этом угол  $\varphi$  определяется как разность начальных фаз напряжений и тока  $\varphi = \psi_u - \psi_i$ . Поэтому на векторной диаграмме угол  $\varphi$  отсчитывается в направлении от вектора  $\vec{I}$  к вектору  $\vec{U}$ . Если угол  $\varphi$  меньше  $90^\circ$ , то  $\cos\varphi > 0$  и активная мощность положительна, т.е.  $P > 0$ . Это означает, что генераторные клеммы ваттметра включены именно со стороны источника энергии. Если же угол  $\varphi$  больше  $90^\circ$ , то  $\cos\varphi < 0$  и активная мощность отрицательна, т.е.  $P < 0$ . В этом случае генераторные клеммы ваттметра включены не со стороны источника энергии, а со

стороны приемника. Таким образом, по показанию ваттметра можно определить не только мощность, но и направление передаваемой энергии. Для этого необходимо знать разметку клемм ваттметра и схему его включения в цепь.

В РГР№2 предлагается разобраться в этом вопросе и сделать правильный вывод о направлении передачи энергии.

При построении топографической диаграммы предоставляется возможность проверить с одной стороны правильность расчета токов в ветвях, а с другой стороны проверить знание свойств исследуемой цепи. В наглядной форме на диаграммах можно убедиться в правильности расчетов.

Чтобы осмысленно выполнить п.5 задания, необходимо сначала произвольно указать точками одноименные выводы катушек. При составлении уравнений по второму закону Кирхгофа надо предварительно изучить соответствующий материал по учебным пособиям [1,2] и лекциям.

Расчетно-графическая работа должна быть выполнена и сдана в установленный срок.

Принимается к проверке и оценивается по 10-ти бальной системе. Если работа содержит ошибки принципиального характера и представлена с отступлением от требований стандартов и настоящих методических указаний, то она возвращается на доработку и исправление ошибок.

### Задание

Для электрической цепи, соответствующей номеру варианта и изображенной на рисунке, выполнить следующее:

1. Составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений в общем виде для расчета токов во всех ветвях схемы, записав ее в двух формах:

- дифференциальной;
- символической.

Используя математические приложения (MathCad, matrixcalc.org, ...), решить систему уравнений в символической форме и определить мгновенные значения токов  $i(t)$  во всех ветвях схемы.

2. Определить комплексы действующих значений токов во всех ветвях, воспользовавшись одним из методов расчета линейных электрических цепей. Сравнить результаты с п. 1.

3. По результатам, полученным в п. 2, определить показания ваттметра двумя способами:

- с помощью выражения  $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$ ;
- с помощью выражения  $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ .

4. Построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов для двух контуров. При этом потенциал точки «а», указанный на схеме, принять равным нулю.

5. Полагая, что между любыми двумя индуктивными катушками, расположенными в различных ветвях заданной схемы, имеется электромагнитная связь при взаимной индуктивности  $M$ , составить в общем виде на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчета токов во всех ветвях системы, записав ее в двух формах:

- дифференциальной;
- символической.

**Примечание:** Включение катушек сделать встречным.

При отсутствии в заданной схеме второй индуктивной катушки ввести ее дополнительно в любую из ветвей, не содержащих  $L$ .

Номер варианта	Номер рисунка	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$f, \text{Гц}$	ЭДС $e(t)$
		мГн			мкФ			Ом				В
1	5	51,6	51		87,7	52				28,2	120	$e''_1=70\sin\omega t$ $e'_3=125\sin(\omega t-320^\circ)$ $e''_3=142\cos(\omega t+60^\circ)$
2	16		27,9	63,9		62	24,4	30,6			150	$e''_1=200\cos\omega t$ $e''_3=115\sin(\omega t-60^\circ)$
3	6			82,9	17,5				84,5		130	$e''_1=200\cos(\omega t-30^\circ)$ $e'_2=150\cos\omega t$ $e'_3=110\sin(\omega t+35^\circ)$ $e''_3=165\sin(\omega t-145^\circ)$
4	11	70,7	60,6			56,9				13,2	90	$e''_1=110\sin(\omega t-150^\circ)$ $e''_2=200\cos(\omega t+30^\circ)$ $e'_3=175\sin(\omega t+60^\circ)$
5	17		89,1			56,5	18,9	96,2			180	$e''_1=155\cos\omega t$ $e'_2=125\sin(\omega t-180^\circ)$ $e'_3=230\sin(\omega t+45^\circ)$
6	9	51,3		55,6	25,7		87,7		90,9		190	$e'_1=175\sin(\omega t-180^\circ)$ $e''_2=190\cos\omega t$ $e'_3=130\sin\omega t$
7	7	74				74,2				84,7	140	$e''_1=383\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_2=263\sin(\omega t-90^\circ)$ $e''_2=125\sin(\omega t-30^\circ)$
8	12	46,1	90,9	74,4	72,1		36,7	99,5			120	$e'_2=306\sin(\omega t+53^\circ)$ $e'_3=252\cos(\omega t-145^\circ)$
9	2		86,9	52,3	92,6		23,6		22,5		120	$e'_1=115\sin(\omega t-316^\circ)$ $e''_1=90\cos(\omega t+40^\circ)$ $e'_3=200\cos(\omega t-270^\circ)$
10	18	92,7	73,6		49,3	41,7				47,5	40	$e_1=152\sin(\omega t+60^\circ)$ $e'_2=125\cos(\omega t+270^\circ)$
11	15		50,8		40,7					22,7	200	$e'_1=100\sin(\omega t+60^\circ)$ $e''_1=63,5\sin(\omega t-56^\circ)$ $e'_2=179\cos(\omega t-90^\circ)$
12	20	27,7				6,7				41,8	200	$e'_1=70,5\sin\omega t$ $e'_3=84,6\sin(\omega t-30^\circ)$
13	1		7,7				62,4	53,4			120	$e'_1=80\sin(\omega t+45^\circ)$ $e''_1=80\cos(\omega t-135^\circ)$ $e'_3=100\cos(\omega t+235^\circ)$
14	8	60,6		70,2	28,4		52,6		12,7		60	$e'_1=141\cos(\omega t-90^\circ)$ $e''_3=282\sin(\omega t-50^\circ)$
15	13			83,8	23,6		85,6		5,3		70	$e'_1=141\cos(\omega t+345^\circ)$ $e'_3=200\sin(\omega t+45^\circ)$ $e''_3=116\sin(\omega t-11^\circ)$
16	19		28,9	62,3			11,6	46,5			180	$e'_1=80\sin(\omega t+40^\circ)$ $e''_1=80\sin(\omega t-50^\circ)$ $e'_3=56,4\cos(\omega t-130^\circ)$
17	10	54,1	84,8			45,1				66,8	80	$e'_1=70,5\sin(\omega t+20^\circ)$ $e'_3=84,6\sin(\omega t-10^\circ)$
18	3	82,8			66,1		29,4		20,3		190	$e'_1=70,5\sin(\omega t-13^\circ)$ $e'_2=68,5\sin(\omega t-84^\circ)$ $e''_2=56\cos(\omega t+100^\circ)$
19	14		8,2			73,8	87,7	48,4			170	$e'_1=113\sin(\omega t+338^\circ)$ $e'_3=56,4\cos(\omega t-147^\circ)$
20	4	79,7		50,4	85,9		25,5		60,4		90	$e'_1=100\sin(\omega t-35^\circ)$ $e''_1=100\sin(\omega t+55^\circ)$ $e''_3=282\sin(\omega t-40^\circ)$
21	5		16,9		76,6	86,8				38,7	30	$e'_1=141\cos(\omega t+270^\circ)$ $e'_3=141\sin(\omega t+90^\circ)$
22	16		44,6	26		12,4	11,6	66,9			140	$e'_1=141\sin(\omega t-270^\circ)$ $e'_3=141\cos(\omega t-90^\circ)$
23	6			64	6,3				66,6		120	$e''_1=169\sin\omega t$ $e'_2=169\cos\omega t$ $e'_3=169\sin(\omega t+180^\circ)$

Номер варианта	Номер рисунка	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$f, \Gamma\text{Ц}$	ЭДС $e(t)$
		мГн			мкФ			Ом				В
24	11	87,4	77			64,5				36,3	170	$e''_1=169\sin(\omega t+180^\circ)$ $e''_2=169\sin\omega t$ $e'_3=169\cos\omega t$
25	17		67,4			43,5	61	37,3			50	$e''_1=169\sin(\omega t+90^\circ)$ $e'_2=169\sin(\omega t+180^\circ)$ $e''_3=169\cos(\omega t-90^\circ)$
26	9	98,1			91,8		54,7		29,2		120	$e'_1=169\sin(\omega t+180^\circ)$ $e''_2=169\sin\omega t$ $e'_3=169\cos(\omega t+270^\circ)$
27	7	68,6			62,5	70,5				53,6	70	$e''_1=282\sin\omega t$ $e''_2=282\sin(\omega t-180^\circ)$
28	12		60,5	81,7			31,6	48,5			50	$e'_2=689\sin(\omega t+12^\circ)$ $e''_2=496\cos(\omega t-149^\circ)$ $e'_3=705\sin(\omega t+307^\circ)$
29	2			62,9	56,5		58,1		28,9		40	$e'_1=566\cos(\omega t+270^\circ)$ $e'_3=705\sin(\omega t-180^\circ)$
30	18	48,5	37,2		67,2	89,8				80,4	140	$e'_1=141\cos(\omega t-30^\circ)$ $e'_2=62\sin(\omega t+326^\circ)$ $e''_2=96,5\cos(\omega t+111^\circ)$
31	15		21		82,6					52	120	$e'_1=99\sin(\omega t+20^\circ)$ $e'_2=179\cos(\omega t+270^\circ)$
32	20	22,5	9			102,3				44,7	70	$e'_1=70,5\cos(\omega t+270^\circ)$ $e'_3=84,6\cos(\omega t+240^\circ)$
33	1		77,5				83,7	58,6			160	$e'_1=113\sin\omega t$ $e'_3=46,2\sin\omega t$ $e''_3=32,4\sin(\omega t-90^\circ)$
34	8	16,3		87,5	29,3				26,8		170	$e'_1=141\sin\omega t$ $e'_3=282\sin(\omega t-50^\circ)$
35	13			69,2	13,8		64,7		22,7		180	$e'_1=200\cos\omega t$ $e''_1=74,2\sin(\omega t+120^\circ)$ $e'_3=282\cos(\omega t+295^\circ)$
36	19		17,4	17,3			69,3	94,3			180	$e''_1=112,8\sin(\omega t-5^\circ)$ $e'_3=56,4\sin(\omega t-40^\circ)$
37	10	7,7	32,3			58,5				95,9	170	$e'_1=70,5\sin(\omega t+20^\circ)$ $e'_3=84,5\sin(\omega t-10^\circ)$
38	3	72,7			40,9		69,9		25,2		100	$e'_1=70,5\cos(\omega t+257^\circ)$ $e'_2=68,5\cos(\omega t-174^\circ)$ $e''_2=56\sin(\omega t-170^\circ)$
39	14		25,2	10,3		34,7	33,9	89,9			190	$e'_1=113\sin(\omega t-22^\circ)$ $e'_3=56,4\cos(\omega t-147^\circ)$
40	4	56,2		20,4	12,6		69,4		77,9		180	$e''_1=141\sin(\omega t+10^\circ)$ $e'_3=200\sin(\omega t+5^\circ)$ $e''_3=200\sin(\omega t-85^\circ)$
41	5	13,3	36,9		53,5	83				65,5	130	$e''_1=141\sin\omega t$ $e'_3=141\cos\omega t$
42	16		47,2	41,1		87,3	16	39,5			180	$e'_1=282\sin(\omega t-135^\circ)$ $e''_1=400\cos(\omega t-30^\circ)$ $e''_3=141\sin\omega t$
43	6			23,1	47,6		33,9		93,6		130	$e''_1=169\sin\omega t$ $e'_2=169\sin(\omega t+90^\circ)$ $e'_3=169\sin(\omega t-180^\circ)$
44	11	53	46,3			62,3				24,2	70	$e''_1=169\sin(\omega t-180^\circ)$ $e'_2=240\sin(\omega t+45^\circ)$ $e''_2=169\sin(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=169\cos\omega t$
45	17		77,7			37,2	46,5	51,6			170	$e'_1=169\cos(\omega t-90^\circ)$ $e''_1=240\sin(\omega t+135^\circ)$ $e'_2=169\sin(\omega t+180^\circ)$ $e''_3=169\cos(\omega t-90^\circ)$
46	9	52,6			35		93,7		14,7		120	$e'_1=169\sin(\omega t+180^\circ)$ $e'_2=169\sin(\omega t+90^\circ)$ $e'_3=169\sin\omega t$

Номер варианта	Номер рисунка	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$f, \Gamma\text{Ц}$	ЭДС $e(t)$
		мГн			мкФ			Ом				В
47	7	43,5				25,7				71,1	100	$e''_1=282\sin\omega t$ $e''_2=282\sin(\omega t+180^\circ)$
48	12		28,6	14,5			84,9	67,9			140	$e'_2=689\cos(\omega t-78^\circ)$ $e''_2=496\sin(\omega t-59^\circ)$ $e'_3=705\sin(\omega t-53^\circ)$
49	2		22	87,9	98,8	75,6	60,6		89,7		110	$e'_1=586\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=705\sin(\omega t+180^\circ)$
50	18	72,6	52,6		45,5	58,9				58,6	170	$e'_1=141\sin(\omega t-300^\circ)$ $e'_2=62\cos(\omega t-124^\circ)$ $e''_2=96,4\sin(\omega t+201^\circ)$
51	15		78,5		72	57,3				30,9	50	$e'_1=99\sin(\omega t-340^\circ)$ $e''_2=179\cos(\omega t-90^\circ)$
52	20	90,8	70			96				87,9	120	$e'_1=70,5\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=84,6\sin(\omega t+330^\circ)$
53	1		71,5				70,6	99,7			110	$e'_1=113,1\sin\omega t$ $e'_3=56,6\sin(\omega t-35^\circ)$
54	8	62,4		88,4	55,2		59,5		17,3		110	$e'_1=141\cos(\omega t+270^\circ)$ $e'_3=282\cos(\omega t-140^\circ)$
55	13			86,6	84,5		16,4		75,2		140	$e'_1=141\sin(\omega t+75^\circ)$ $e'_3=282\sin(\omega t+25^\circ)$
56	19		85,8	71,5			87,2	40,9			50	$e''_1=112,8\sin(\omega t-5^\circ)$ $e'_3=56,4\sin(\omega t-40^\circ)$
57	10	20,2	73,4			71,2				93,6	70	$e'_1=70,5\sin(\omega t+20^\circ)$ $e'_3=84,6\sin(\omega t-10^\circ)$
58	3	78,5		97,8	55,7		81,4		41,9		90	$e'_1=70,5\cos(\omega t-103^\circ)$ $e'_2=84,6\sin(\omega t+317^\circ)$
59	14		86			53,7	98,6	45,9			80	$e'_1=60\sin(\omega t+315^\circ)$ $e''_1=60\cos(\omega t+90^\circ)$ $e'_3=56,4\sin(\omega t+303^\circ)$
60	4	36,7		39,7	52,7		64,6		33,8		90	$e''_1=141\sin(\omega t+10^\circ)$ $e''_3=282\sin(\omega t-40^\circ)$
61	5	36,6	75,5		81,2	72,8				76,7	60	$e'_1=141\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=141\sin(\omega t-270^\circ)$
62	16		59	45		80	40,7	21,8			40	$e''_1=141\cos\omega t$ $e'_3=100\sin(\omega t+135^\circ)$ $e''_3=100\cos(\omega t+315^\circ)$
63	6			23,4	33				6,8		50	$e''_1=169\sin\omega t$ $e'_2=120\sin(\omega t+135^\circ)$ $e''_2=120\cos(\omega t-45^\circ)$ $e'_3=169\sin(\omega t-180^\circ)$
64	11	90,7	87,9			30,9				27	100	$e'_1=169\sin(\omega t+90^\circ)$ $e''_1=240\sin(\omega t-135^\circ)$ $e''_2=169\sin\omega t$ $e'_3=169\cos\omega t$
65	17		78,3			48,5	46,7	85,7			90	$e''_1=169\cos\omega t$ $e'_2=169\sin(\omega t+90^\circ)$ $e''_2=240\sin(\omega t-135^\circ)$ $e'_3=169\sin\omega t$
66	9	25,8		49,5	23,6		68,8		20,9		100	$e'_1=169\sin(\omega t-180^\circ)$ $e'_2=120\sin(\omega t-45^\circ)$ $e''_2=120\sin(\omega t+45^\circ)$ $e''_3=169\sin\omega t$
67	7	25			37,5	51,3				48,3	120	$e''_1=282\sin\omega t$ $e'_2=282\cos(\omega t+90^\circ)$
68	12		91,7	97			32,8	51,2			180	$e'_2=705\cos(\omega t-37^\circ)$ $e'_3=705\sin(\omega t-53^\circ)$
69	2			35,5	17,2		27,9		17,8		80	$e'_1=620\sin(\omega t+54^\circ)$ $e''_1=538\cos(\omega t-158^\circ)$ $e'_3=705\cos(\omega t+90^\circ)$
70	18	72,4	86,7	22,3	27,5	11,2	43,1			84	110	$e'_1=141\sin(\omega t-300^\circ)$ $e'_2=141\cos(\omega t-90^\circ)$

Номер варианта	Номер рисунка	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$f, \Gamma\text{Ц}$	ЭДС $e(t)$
		мГн			мкФ			Ом				В
71	15		81,3		84,7					39,2	120	$e'_1=99\cos(\omega t+290^\circ)$ $e'_2=155\sin(\omega t+30^\circ)$ $e''_2=89,5\cos(\omega t-150^\circ)$
72	20	43,6				54,3				35,9	130	$e'_1=56\sin(\omega t-60^\circ)$ $e''_1=64,5\sin(\omega t-131^\circ)$ $e'_3=84,6\cos(\omega t-120^\circ)$
73	1		29,5			73,7	50,8	57,3			60	$e'_1=113,1\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=56,6\cos(\omega t-125^\circ)$
74	8	86,6		55,1	95				76,5		110	$e'_1=141\sin\omega t$ $e'_3=181,4\sin\omega t$ $e''_3=216\sin(\omega t-90^\circ)$
75	13			77,7	68,7		12,3				50	$e'_1=141\cos(\omega t-15^\circ)$ $e''_3=282\sin(\omega t-335^\circ)$
76	19		89,4	53,1			54,8	59,4			200	$e''_1=112,8\cos(\omega t-95^\circ)$ $e'_3=40\sin(\omega t+5^\circ)$ $e''_3=40\sin(\omega t-85^\circ)$
77	10	26,3	43,4			55,2				14,4	60	$e''_1=66,5\sin\omega t$ $e''_1=24,2\cos\omega t$ $e'_3=84,6\cos(\omega t-100^\circ)$
78	3	42,6		83,3	67,3		71,1		9		90	$e'_1=70,5\sin(\omega t-13^\circ)$ $e'_2=4,6\cos(\omega t-133^\circ)$
79	14		62,2	52,4		73,4	67,4	99,7			70	$e'_1=113\cos(\omega t-112^\circ)$ $e'_3=56,4\sin(\omega t-57^\circ)$
80	4	78,9		43,4	9,8				52,2		160	$e''_1=141\sin(\omega t+10^\circ)$ $e''_3=282\sin(\omega t-40^\circ)$
81	5	64,8	16,8		28,8	68,8				100	170	$e'_1=244\cos\omega t$ $e''_1=282\sin(\omega t-60^\circ)$ $e'_3=141\sin(\omega t-270^\circ)$
82	16		22,6	42,4		98,1	87,8	11,5			100	$e''_1=141\sin(\omega t+90^\circ)$ $e''_3=141\cos(\omega t+270^\circ)$
83	6			23,1	72,2		11,7		26,6		130	$e''_1=169\cos(\omega t+270^\circ)$ $e'_2=169\sin(\omega t+90^\circ)$ $e'_3=169\sin(\omega t-180^\circ)$
84	11	60	80			9,6				39,7	170	$e''_1=169\sin(\omega t-180^\circ)$ $e''_2=169\sin\omega t$ $e'_3=240\sin(\omega t+135^\circ)$ $e''_3=169\sin\omega t$
85	17		38,6			39,8	92,5	100			190	$e''_1=169\cos\omega t$ $e'_2=169\sin(\omega t-180^\circ)$ $e''_3=169\sin\omega t$
86	9	25,8		83,2	53,7		48,2		97,2		150	$e'_1=169\sin(\omega t-180^\circ)$ $e''_2=169\cos\omega t$ $e''_3=169\sin\omega t$
87	7	27,3				87,8				94,9	100	$e'_1=282\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_2=282\sin(\omega t+180^\circ)$
88	12	17,5	85,8	37,2	56,2		37	41,7			160	$e'_2=705\sin(\omega t-307^\circ)$ $e'_3=705\cos(\omega t+217^\circ)$
89	2		76,6	15,6	40,3	56,5	62,5		56,2		140	$e'_1=566\sin\omega t$ $e'_3=705\cos(\omega t-270^\circ)$
90	18	53,6	31	45,8	75,6	42,6	96,9			68	50	$e'_1=141\cos(\omega t+330^\circ)$ $e'_2=141\cos(\omega t+270^\circ)$
91	15		49,3		54,3	53,1				35,5	170	$e'_1=99\cos(\omega t-70^\circ)$ $e'_2=179\sin\omega t$
92	20	35,8				68,9				89,4	120	$e'_1=70,5\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=73\sin\omega t$ $e''_3=42,3\cos(\omega t-180^\circ)$
93	1		79			68,9	79,3	90,5			130	$e'_1=113\cos(\omega t-90^\circ)$ $e'_3=56,6\sin(\omega t-35^\circ)$
94	8	67,5		55,4	46,8				96		60	$e'_1=100\sin(\omega t+45^\circ)$ $e''_1=100\sin(\omega t-45^\circ)$ $e'_3=282\sin(\omega t-50^\circ)$

Номер варианта	Номер рисунка	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$f, \Gamma\text{Ц}$	ЭДС $e(t)$
		мГн			мкФ			Ом				В
95	13			56,8	94,5		68,1		50,6		100	$e'_1=141\sin(\omega t-285^\circ)$ $e'_3=282\cos(\omega t-65^\circ)$
96	19		40,3	31,1			71,6	43,4			120	$e'_1=112,8\sin(\omega t-5^\circ)$ $e'_3=56,4\sin(\omega t-40^\circ)$
97	10	32,6	54,6				66,7			81,1	110	$e'_1=70,5\cos(\omega t-70^\circ)$ $e'_3=83,5\sin\omega t$ $e''_3=14,7\sin(\omega t+90^\circ)$
98	3	45,3			15,8		19,4		91,8		140	$e'_1=70,5\cos(\omega t-103^\circ)$ $e'_2=84,6\sin(\omega t-43^\circ)$
99	14		99,4			11,3	20,4	74,2			180	$e'_1=60\sin(\omega t+180^\circ)$ $e'_3=56,4\cos(\omega t+213^\circ)$
100	4	62,2		35,9	32,2				89,5		130	$e''_1=141\sin(\omega t+10^\circ)$ $e''_3=282\cos(\omega t-40^\circ)$

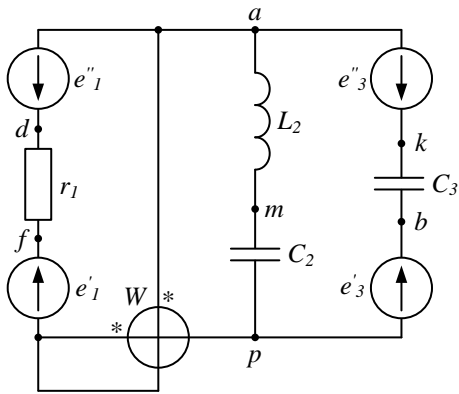


Рис. 1

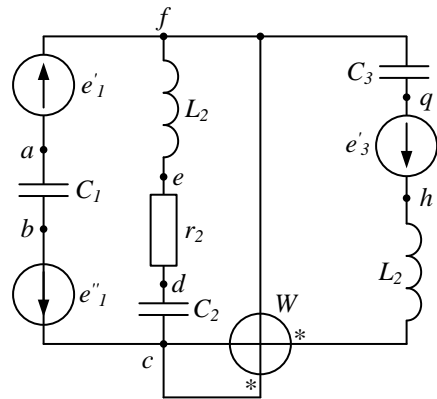


Рис. 2

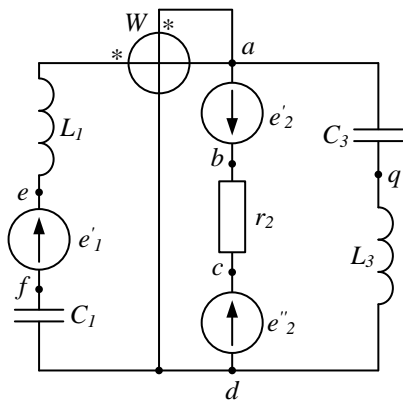


Рис. 3

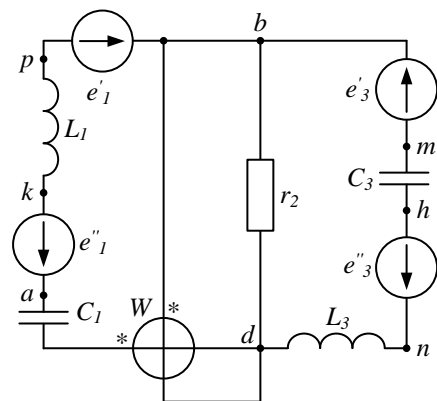


Рис. 4

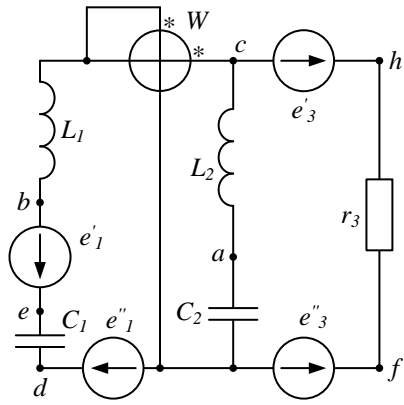


Рис. 5

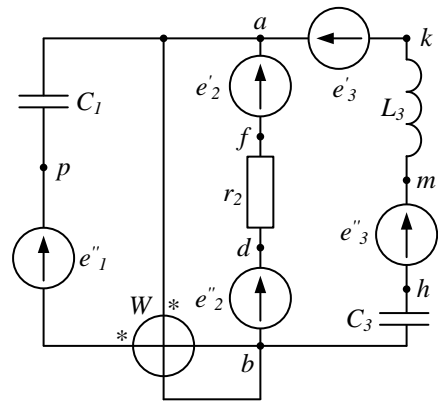


Рис. 6

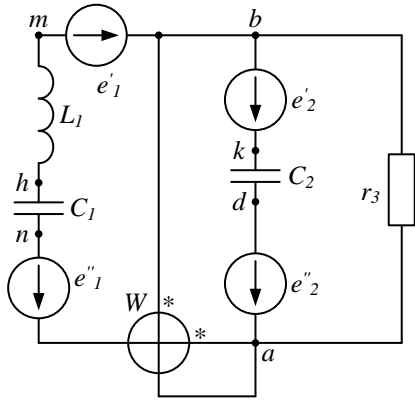


Рис. 7

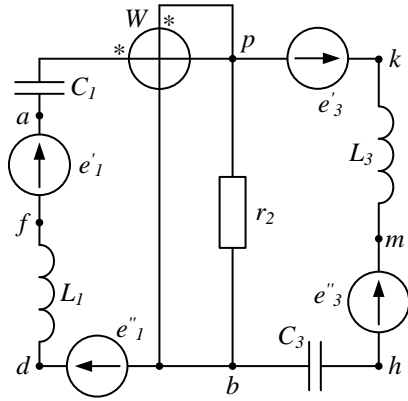


Рис. 8

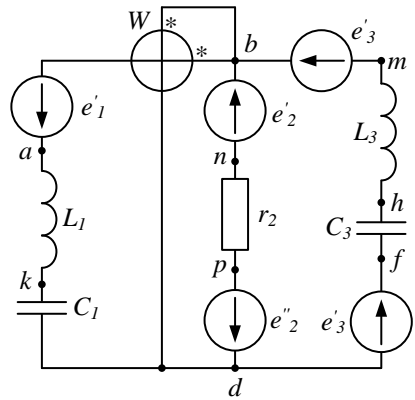


Рис. 9

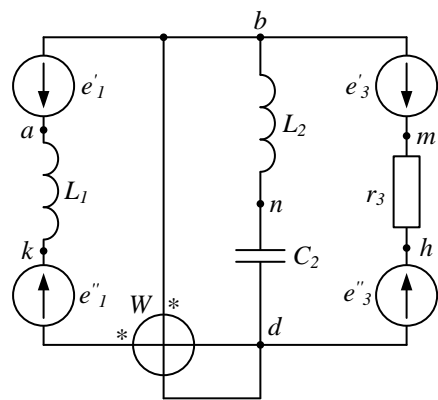


Рис. 10

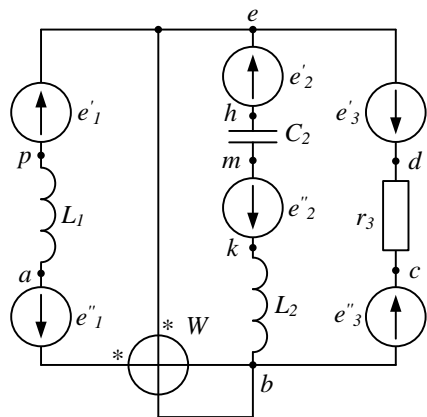


Рис. 11

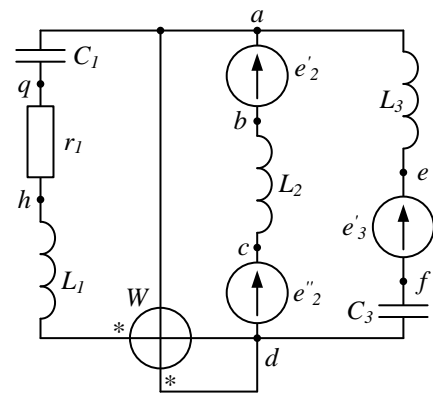


Рис. 12



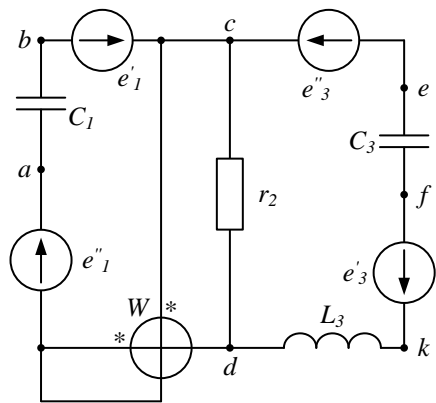


Рис. 13

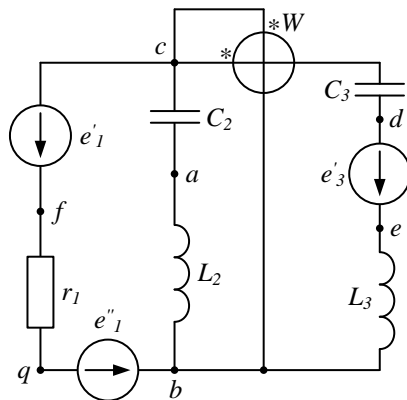


Рис. 14

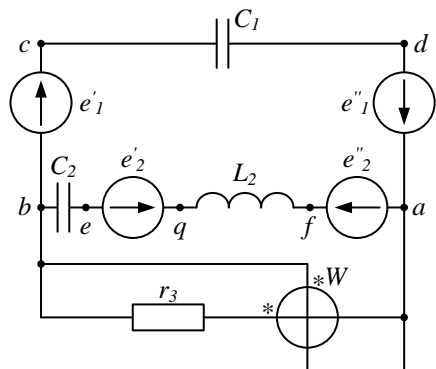


Рис. 15

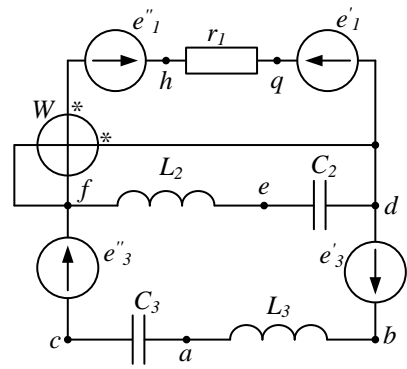


Рис. 16

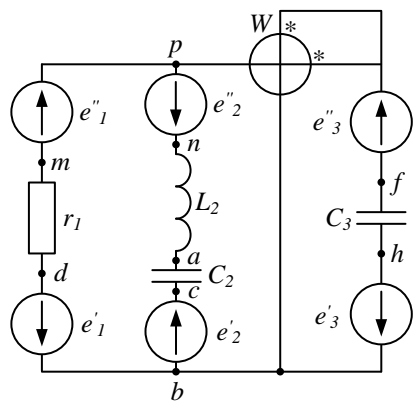


Рис. 17

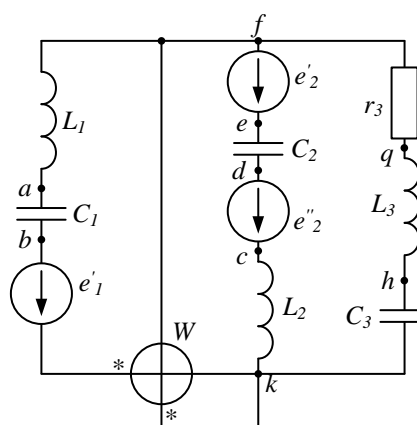


Рис. 18

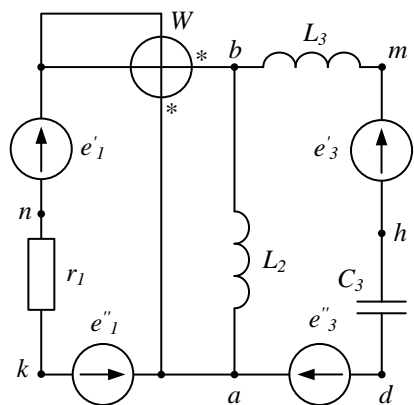


Рис. 19

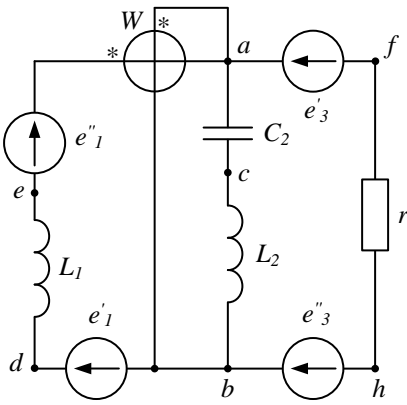


Рис. 20

### Библиографический список

1. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс]: учебник / Г.И. Атабеков. - СПб.: Лань, 2009.– 592 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90#authors> – Заглавие с экрана.- ISBN:978-5-8114-0800-9.
2. Аполлонский С.М. Теоретические основы электротехники. Практикум. [Электронный ресурс]: учебник / С.М. Аполлонский. - СПб.: Лань, 2017.– 320 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93583#authors> – Заглавие с экрана.- ISBN:978-5-8114-2543-3.
3. ГОСТ 2.105—70. ЕСКД. Общие требования к тестовым материалам.
4. ГОСТ 2.702—2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.