

ИКЗ № 3 «Анализ установившегося режима в линейной цепи» (Версия 2)

В работе анализируется режим в линейной электрической цепи, которую рассчитывают, используя метод комплексных амплитуд (МКА), а затем используют либо метод узловых напряжений (МУН), либо метод "свертывания-развертывания" (МСР)

Индивидуальные варианты электрической цепи

Индивидуальный вариант (табл. 1_[КЗ-3] и табл. 2_[КЗ-3]) соответствуют номеру фамилии студента в списке группы.

В цепи, изображенной на рис. 1_[КЗ-3], оставляете один источник и те элементы, которые указаны в таблице. Если в вашем варианте источник тока не используется, то в ветви, где он стоял на рис. 1_[КЗ-3], - "разрыв". Удаляемый источник ЭДС заменяется "перемычкой".

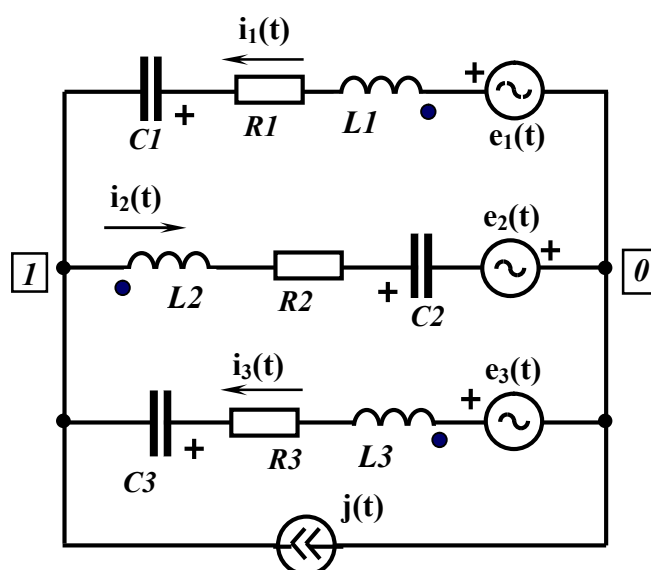


Рис. 1_[КЗ-3]. Линейная цепь при гармонических воздействиях

Часть 1. В заданной цепи нет индуктивных связей

- Провести расчет процесса в цепи в среде ПК *Micro-Cap 12* в режиме *Dynamic AC*, где используется метод комплексных амплитуд (МКА).
- Результаты свести в таблицу,
- Записать токи в цепи в виде функций времени.
- Все действия при расчете необходимо сопровождать пояснениями.
- Провести проверку правильности расчетов (проверка баланса токов, баланса мощностей).
- Построить векторную диаграмму токов

С методикой проведения расчетов следует ознакомиться в учебном пособии (стр. 99-104) :

Тылес М. Г. Теория электрических цепей и компьютерный анализ режимов. Часть 1. Установившиеся режимы в линейных электрических цепях. [Текст]: учеб. пособие/ М. Г. Тылес – Н.Новгород: ВВФ МТУСИ, 2021. – 295 с., ил.

Таблица 1 [КЗ-3]

Параметры	ВАРИАНТЫ															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
f , кГц	15,92	20	15,92	7,95	1,592	0,159	3,18	0,795	7,95	31,84	15,92	7,95	31,8	79,5	0,795	15,9
E_{1m} , В	-	46	-	-	-	-	-	-	36	20	-	-	24	-	-	
ψ_{1E} , гр	-	-15	-	-	-	-	-	-	-20	85	-	-	-90	-	-	
E_{2m} , В	-	-	50	100	-	-	14	-	-	-	-	44	-	-	-	15
ψ_{2E} , гр	-	-	80	175	-	-	-45	-	-	-	-	-90	-	-	-	120
E_{3m} , В	-	-	-	-	18	-	-	66	-	-	-	-	-	90	70	-
ψ_{3E} , гр	-	-	-	-	65	-	-	0	-	-	-	-	-	45	15	-
J_m , А	2,0	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
ψ_J , гр	-65	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-50	-	-	-	-	-
R_1 , Ом	30	60	42	25	38	100	55	55	45	50	50	20	60	12	75	25
R_2 , Ом	60	55	50	30	50	75	40	120	50	25	75	35	55	18	100	15
R_3 , Ом	50	40	66	50	74	50	25	60	100	36	60	25	63	25	50	25
L_1 , мГн	-	-	0,4	0,65	0,8	3,3	-	8,0	0,45	-	1,3	0,33	0,3	-	9,0	0,25
L_2 , мГн	0,5	0,4	-	1,0	1,2	-	1,25	6,0	-	0,25	-	0,25	-	0,1	12	-
L_3 , мГн	0,3	0,25	0,6	-	-	1,0	0,74	-	0,62	0,11	1,5	-	0,53	0,15	-	0,43
C_1 , мкФ	0,33	-	-	-	2,0	-	1,0	-	-	-	-	0,4	-	-	8,0	-
C_2 , мкФ	-	-	0,2	-	-	-	-	2,0	0,4	-	0,15	-	-	-	-	-
C_3 , мкФ	-	0,25	0,33	0,4	-	25	2,0	-	-	0,1	-	-	0,08	0,04	-	0,1

Таблица 2 [КЗ-3]

Параметры	ВАРИАНТЫ															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
f , МГц	16	10	15,92	7,95	1,592	0,159	3,18	0,795	7,95	31,84	15,92	7,95	31,8	79,5	0,795	15,9
E_{1m} , В	25	-	-	-	-	-	-	45	-	-	-	15	-	60	-	27
ψ_{1E} , гр	-30	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	120	-	-90	-	15
E_{2m} , В	-	12	-	33	-	-	14	-	-	70	-	-	85	-	-	-
ψ_{2E} , гр	-	15	-	30	-	-	-45	-	-	-20	-	-	-90	-	-	-
E_{3m} , В	-	-	44	-	-	75	-	-	-	-	-	-	-	-	90	-
ψ_{3E} , гр	-	-	25	-	-	-75	-	-	-	-	-	-	-	-	45	-
J_m , МА	-	-	-	-	0,7	-	-	-	0,4	-	1,0	-	-	-	-	-
ψ_J , гр	-	-	-	-	170	-	-	-	0	-	-50	-	-	-	-	-
R_1 , Ом	45	90	74	38	50	50	35	45	47	50	80	35	60	5	55	46
R_2 , Ом	50	40	50	56	64	100	25	70	50	25	75	25	75	10	100	36
R_3 , Ом	62	120	60	50	43	60	55	60	100	44	150	50	56	15	64	25
L_1 , мкГн	0,4	-	0,4	0,9	-	15	0,98	50	0,45	-	0,71	0,57	0,3	0,38	30-	0,25
L_2 , мкГн	0,5	0,4	-	1,0	1,2	-	1,25	45	-	0,44	-	0,25	-	0,1	20	-
L_3 , мкГн	-	0,66	0,6	-	1,1	35	-	-	0,74	0,25	1,5	-	0,25	-	-	0,31
C_1 , нФ	0,2	0,35	-	-	2,0	-	-	2,6	-	0,1	-	0,8	-	-	8,0	-
C_2 , нФ	-	-	0,3	0,6	-	-	1,4	2,0	0,4	0,05	0,15	-	-	-	-	0,1
C_3 , нФ	-	0,2	-	0,4	-	2,5	2,0	-	-	-	-	-	0,08	0,04	-	-

Параметры	ВАРИАНТЫ															
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
f , МГц	17,9	9,8	20,	8,7	15,92	0,32	6,3	0,95	9,5	31,8	18,9	11,5	24,8	57,4	15,95	23,7
E_{1m} , В	29	-	-	28	-	-	-	36	-	-	-	17	-	66	-	24
ψ_{1E} , гр	132	-	-	-75	-	-	-	74	-	-	-	10	-	-85	-	15
E_{2m} , В	-	-	17	-	33	-	-	19	-	-	70	-	48	-	-	-
ψ_{2E} , гр	-	-	65	-	30	-	-	-35	-	-	-20	-	-90	-	-	-
E_{3m} , В	-	34	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	-
ψ_{3E} , гр	-	-25	-	-	-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	-
J_m , МА	-	-	-	-	0,6	0,8	1,0	-	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-
ψ_J , гр	-	-	-	-	17	0	55	-	0	55	-	-	-	-	-	-
R_1 , Ом	43	60	55	62	120	60	50	64	100	25	70	100	44	150	50	64
R_2 , Ом	64	100	25	70	50	25	75	25	75	10	75	10	50	40	15	34
R_3 , Ом	47	50	80	35	60	5	55	46	35	45	43	60	55	60	100	44
L_1 , мкГн	0,4	-	0,4	0,9	-	15	0,98	50	0,45	-	0,71	0,57	0,3	0,38	30-	0,25
L_2 , мкГн	0,5	0,4	-	1,0	1,2	-	1,25	45	-	0,44	-	0,25	-	0,1	20	-
L_3 , мкГн	-	0,66	0,6	-	1,1	35	-	-	0,74	0,25	1,5	-	0,25	-	-	0,31
C_1 , нФ	0,2	0,35	-	-	2,0	-	-	2,6	-	0,1	-	0,8	-	-	8,0	-
C_2 , нФ	-	-	0,3	0,6	-	-	1,4	2,0	0,4	0,05	0,15	-	-	-	-	0,1
C_3 , нФ	-	0,2	-	0,4	-	2,5	2,0	-	-	-	-	-	0,08	0,04	-	-

Рекомендации по выполнению

Предположим, что у Вас 29-й вариант. Тогда, учитывая содержание выделенного столбца табл. 2_[КЗ-3], ваша схема имеет вид, представленный на рис. 2_[КЗ-3]. Такую цепь можно рассчитывать методом комплексных амплитуд (МКА), а затем либо методом узловых напряжений (МУН), либо методом "свертывания-развертывания" (МСР)

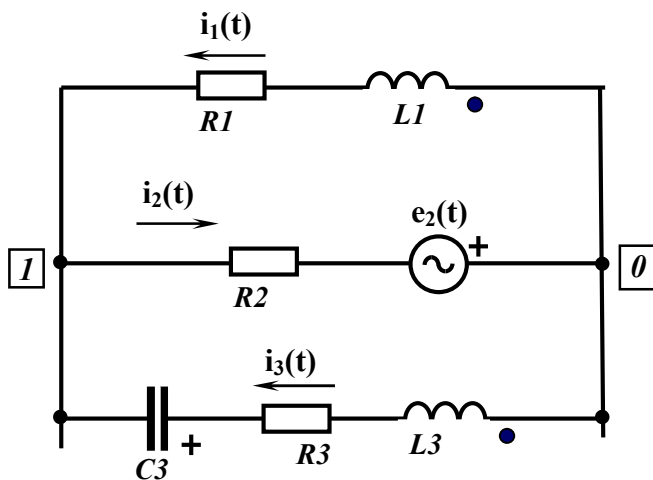


Рис. 2_[КЗ-3]. Заданная линейная цепь (вар. 29)

Если бы в этом варианте была задана цепь с источником тока (пусть это вариант 29-а), то схема имела бы вид, показанный на рис. 3_[КЗ-3]. Для расчета такой цепи наилучшее сочетание: Метод комплексных амплитуд и затем МУН, т.к. в цепи только два узла и, следовательно, расчетное уравнение по МУН - **одно**.

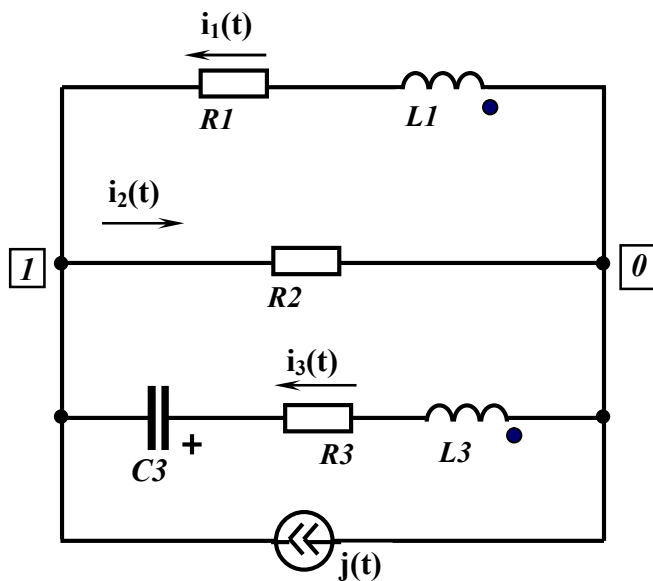


Рис. 3_[КЗ-3]. Заданная линейная цепь (вар. 29-а)

При использовании метода комплексных амплитуд рекомендуется определенный порядок операций:

1. Составление эквивалентной схемы для комплексных амплитуд. Для рассматриваемых вариантов эти схемы показаны на рис. 2-1 и рис. 3-1

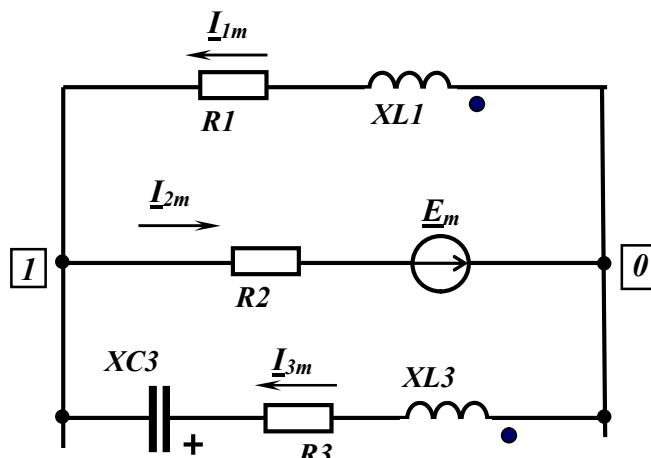


Рис. 2-1_[КЗ-3]. Эквивалентная схема для комплексов (вар. 29)

2. Определение всех величин, указанных на эквивалентной схеме для комплексов:

- ♦ комплексной амплитуды ЭДС \underline{E}_m (или тока \underline{J}_m источника тока);
- ♦ модулей реактивных сопротивлений XL_k и XC_k (k – номер ветви).

После этого все элементы в ветвях имеют одинаковую размерность (Омы) и, следовательно, их можно объединять по правилам эквивалентных преобразований. При этом необходимо учитывать, что величины активных сопротивлений характеризуются действительными числами, а реактивных сопротивлений - мнимыми. Поэтому полные сопротивления в ветвях будут характеризоваться комплексными числами: $\underline{Z}_k = R_k + j(XL_k - XC_k)$.

В результате получаем компактную схему для комплексов (рис. 2-2_[КЗ-3])

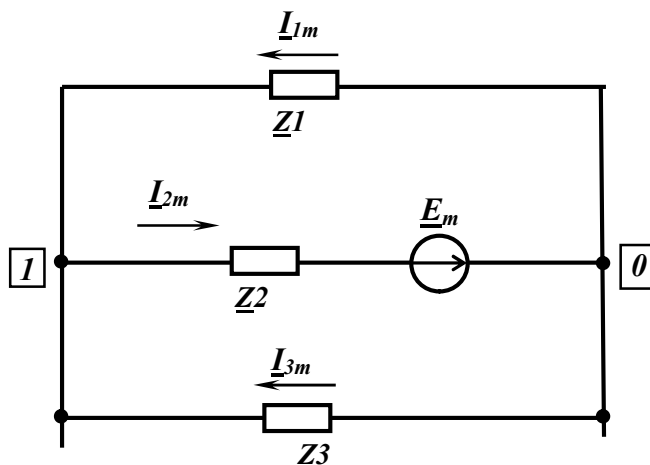


Рис. 2-2_[КЗ-3]. Эквивалентная схема для комплексов (вар. 29) после упрощения

Полученную схему можно рассчитывать одним из двух вариантов:

- ♦ методом узловых напряжений (МУН), причем получается всего одно расчетное уравнение (в схеме два узла, один из которых "опорный") для определения напряжения $U1$;
- ♦ методом свертывания-развертывания (МСР), при котором тоже придется определять напряжение $U1$.

Трудоемкость примерно одинаковая, но в первом варианте расчет более "четкий", на мой взгляд.

Для варианта 29-а, в котором используется источник тока, выполнив те же действия, получим схемы, приведенные на рис. 3-1_[КЗ-3] и рис. 3-2_[КЗ-3]

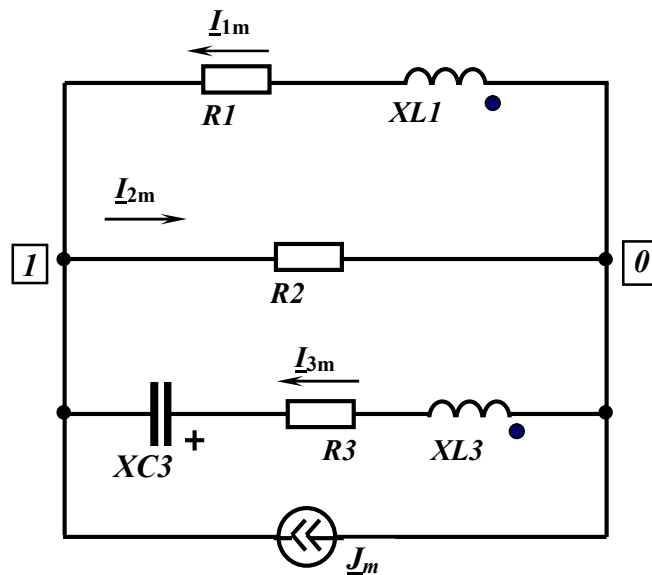


Рис. 3-1_[КЗ-3]. Эквивалентная схема для комплексов (вар. 29-а)

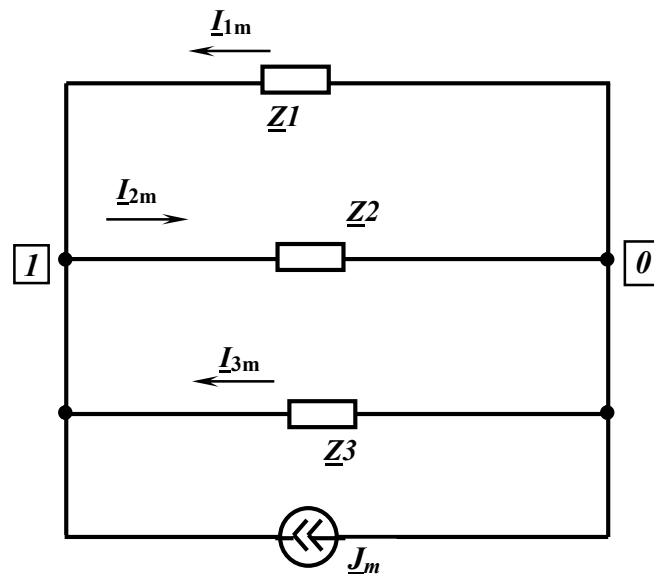


Рис. 3-2_[КЗ-3]. Эквивалентная схема для комплексов (вар. 29-а) после упрощения

Для расчета этой схемы целесообразно применять МУН.

Проводя расчеты в среде ПК **Micro-Cap 12** Вы собираете на рабочем поле только заданную исходную схему (рис. 2_[КЗ-3] или рис. 3_[КЗ-3]). Все расчеты методом комплексных амплитуд выполняются внутри ПК без Вашего активного участия. Вам остается только отредактировать вид схемы цепи с результатами анализа режима.