

### **Лабораторная работа № 3**

## **ТЕМА "РАСЧЕТ НЕПОЛНОФАЗНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ"**

Практически все рабочие режимы сетей являются несколько несимметричными и несинусоидальными. В то же время часто отклонения от нормальных условий являются незначительными и их не учитывают при практическом анализе работы сети.

Однако в настоящее время в ряде случаев возникают условия, при которых несимметрия и несинусоидальность кривых токов и напряжений могут быть значительными. Эти условия являются вынужденными или создаются преднамеренно. Устранение их может быть нежелательным или нецелесообразным с экономической точки зрения.

В зависимости от назначения и характера расчеты несимметричных режимов могут производиться в системе фазных координат или в системе симметричных координат. В настоящее время наиболее разработаны методы расчета, основанные на использовании симметричных координат

Схема прямой последовательности составляется также, как и для расчета соответствующего симметричного режима. Обычно ее составляют только для той части сети, где ожидается заметное влияние несимметрии. Остальную часть сети замещают условной эквивалентной нагрузкой или источником питания в соответствии с данными, полученными из расчетов симметричного режима.

Схема обратной последовательности, за исключением нагрузок, состоит из тех же элементов, что и схема прямой последовательности, так как токи прямой и обратной последовательностей проходят по одним и тем же путям. Обычно в схемы обратной последовательности вносятся дополнительные упрощения: не учитывается влияние поперечных ветвей линий и трансформаторов, активных сопротивлений линий и трансформаторов.

Схема нулевой последовательности существенно отличается от схем прямой и обратной последовательностей, так как токи нулевой последовательности проходят по другим путям — по трем фазам и возвращаются через землю, заземляющие тросы ВЛ, металлические оболочки кабелей и т.п. При составлении схемы нулевой последовательности следует установить возможные замкнутые контуры, по которым может проходить ток нулевой последовательности. Для этого прежде всего необходимо обращать внимание на схемы соединений обмоток трансформаторов. Для образования

указанных замкнутых контуров в рассматриваемом участке сети должны иметься заземленные нейтрали или нулевой провод. При нескольких заземленных нейтралях, электрически связанных между собой, токи нулевой последовательности разветвляются между ними.

#### **А. Исходные данные:**

1. Электроснабжение потребителей электроэнергии в узлах нагрузки возможно осуществить от подстанции "А" энергосистемы и от электрических станций, входящих в ЭЭС. Географическое расположение подстанции "А" и узлов электроэнергетической сети дано на рис. 1.2.

2. При расчетах симметричных режимов потерями мощности в трансформаторах пренебречь. Первоначально принять, что автотрансформаторы на подстанциях 4 и 5 работают с номинальными коэффициентами трансформации.

3. Мощность автотрансформаторов связи (по два на подстанциях 4 и 5) выбрать исходя из расчета максимального режима электрической сети (не менее 0,7 от полной мощности нагрузки).

4. При составлении схем замещения каждой последовательности (несимметричный режим) считать, что

– в работе только линии, приведенные во втором столбце табл. 2;

– на подстанциях в узлах нагрузки установлены по два двухобмоточных понижающих трансформатора соответствующей мощности (не менее 0,7 от полной мощности нагрузки);

– сопротивление обратной последовательности нагрузки составляет 0,4 от сопротивления прямой последовательности нагрузки;

6. Для вариантов 1 – 8 узлы 6 и 8 являются генерирующими; для вариантов 9 – 16 узлы 7 и 8 являются генерирующими; для вариантов 16 – 24 узлы 6 и 7 являются генерирующими.

7. Мощности в узлах нагрузок приведены в табл. 3.2.

#### **Б. Содержание отчета:**

1. Выбор мощности автотрансформаторов связи.

2. Расчет приведенных параметров линий электропередачи к одной ступени напряжения.

3. Расчеты режимов максимальной и минимальной нагрузок, а также режима аварийного отключения одной из ЛЭП при номинальном

коэффициенте трансформации автотрансформаторов и заданных сечениях проводников.

4. Параметры схем замещения каждой последовательности, результаты расчетов эквивалентных сопротивлений, расчеты токов в фазах выделенной ЛЭП в режиме отключения заданных фаз.

5. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей.

6. Комплексная схема замещения для участка электрической сети при обрыве одной или двух фаз. Матрица инцидентов для комплексной схемы замещения.

7. Результаты расчета комплексной схемы. Векторная диаграмма токов в месте обрыва.

Таблица 3.1

Параметры линий электропередачи

№ варианта	Участок электрической сети для расчета несимметричного режима и место несимметрии	Сечение провода, мм <sup>2</sup> / Длина линии, км									
		$U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}$					$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$				
		Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8	Л9	Л10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1, 9, 17	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л3	<u>400</u> 85	<u>400</u> 75	<u>400</u> 68	<u>400</u> 90	<u>300</u> 65	<u>120</u> 42	<u>2x95</u> 50	<u>120</u> 54	<u>120</u> 60	<u>2x95</u> 35
2, 10, 18	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л2	<u>400</u> 55	<u>300</u> 50	<u>300</u> 45	<u>400</u> 60	<u>300</u> 70	<u>150</u> 58	<u>2x150</u> 60	<u>240</u> 58	<u>120</u> 60	<u>2x95</u> 35
3, 11, 19	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л1	<u>400</u> 85	<u>400</u> 75	<u>300</u> 70	<u>300</u> 80	<u>400</u> 75	<u>120</u> 42	<u>2x95</u> 50	<u>120</u> 44	<u>120</u> 50	<u>2x95</u> 40
4, 12, 20	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л3	<u>300</u> 65	<u>240</u> 60	<u>240</u> 54	<u>400</u> 80	<u>300</u> 60	<u>240</u> 50	<u>2x150</u> 60	<u>185</u> 68	<u>185</u> 50	<u>2x120</u> 55
5, 13, 21	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л2	<u>300</u> 60	<u>240</u> 55	<u>240</u> 60	<u>300</u> 70	<u>300</u> 50	<u>240</u> 52	<u>2x240</u> 50	<u>240</u> 64	<u>240</u> 60	<u>2x240</u> 55

6, 14, 22	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л1	400 80	400 55	400 48	400 100	400 120	185 66	2x150 50	185 47	185 60	2x120 44
7, 15, 23	Л2-Л3-Л5, обрыв фазы "a" на Л5	400 47	400 75	400 68	400 110	400 105	150 40	2x150 55	120 54	120 60	2x150 35
8, 16, 24	Л2-Л3-Л5, обрыв фаз "b", "c" на Л5	300 40	300 45	300 60	400 90	400 105	240 60	2x240 66	240 58	120 40	2x120 30

Таблица 3.2

### Параметры нагрузок

№	Мощность нагрузки $P/Q$ , МВА							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	56/14	60/15	100/30	90/22	120/32	100/35	60/15	65/22
2	63/18	40/10	80/25	87/20	105/28	90/30	54/19	80/24
3	48/10	55/12	140/32	84/18	115/27	110/28	66/20	60/20
4	59/13	77/18	180/36	98/23	108/20	94/24	50/18	75/21
5	68/17	48/11	160/35	86/19	117/30	88/22	45/19	94/22
6	72/19	78/18	170/32	95/24	100/26	105/37	64/22	70/21
7	66/11	54/13	190/40	90/20	102/23	96/33	58/18	76/23
8	54/10	65/14	182/38	82/18	125/26	100/32	70/22	95/25

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое сходимость итерационного процесса и какой метод обладает наиболее надежной сходимостью?
2. Уравнения несимметричных режимов в симметричных координатах.
3. Параметры элементов ВЛ и составление схем замещения при несимметричных режимах.

4. Параметры трансформаторов и нагрузок при несимметричных режимах.
5. Режим работы электрической сети с одной отключенной фазой.
6. Режим работы электрической сети с двумя отключенными фазами.
7. Симметрирующий эффект батареи статических конденсаторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети. Учебное пособие для студентов электроэнергетических специальностей вузов. – СПб: Издательство Сизова М.П., 2004. – 304с.
2. Электрические системы. Т.2. Электрические сети // Под. ред. В. А. Веникова. Учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1971. – 440 с.
3. Авербух А.М. Решение задач по неполнофазным режимам и сложным видам коротких замыканий. – Л.: «Энергия», 1972. – 160 с.
4. Электрические системы в примерах и иллюстрациях / Под ред. В. А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1983. – 504 с.
5. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. – М.: Энергия, 1977. – 288 с.
6. Солдаткина Л.А. Электрические сети и системы. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергия, 1978. – 216 с.
7. Идельчик В. И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.