

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

222-1

20-22 октября 2022 года

УДК 621.316

Л.И.ПОДОПРИГОРА, студент гр. ЭСб-19-2 (ИРНИТУ)

Научный руководитель С.Г.ТИГУНЦЕВ, к.т.н., доцент (ИРНИТУ)

г. Иркутск

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ**

К электрическим сетям Филиала ПАО «Россети Сибирь» - «Бурятэнерго» подключены различные группы электроприемников. Некоторые из них являются источниками искажений напряжений в части несимметрии.

Одним из источников искажений является тяговая электрическая нагрузка железной дороги. В соответствии с современными требованиями к железным дорогам, их транспорт электрифицируется на переменном токе, при этом на тяговых подстанциях от трехфазной сети питаются двухфазную контактную сеть. Вследствие чего возникает проблема несимметричных режимов.

Указанные проблемы могут присутствовать в Бурятских электрических сетях.

Цели и задачи работы: провести расчетное исследование несимметричных режимов электрической сети Бурятии и сравнить рассчитанные показатели качества с нормами ГОСТа 32144 – 2013 [1].

Расчетные эксперименты проведены с помощью программного комплекса «Качество электрической энергии», разработанного на кафедре ЭССиС ИРНИТУ. Комплекс позволяет производить расчеты несимметричных и несимметричных несинусоидальных режимов в сложных электроэнергетических системах.

Расчет несимметричного режима

Для определения параметров несимметричного режима в соответствии с [3] составляется схема замещения прямой последовательности (ПП), из расчёта которой определяются токи ПП во всех ветвях и напряжения ПП во всех узлах, в том числе и в узлах с несимметричными нагрузками. На основе параметров системы и рассчитанного режима ПП составляется система линейных уравнений для схемы замещения обратной последовательности (ОП), где в качестве активных элементов используются задающие токи ОП, найденные по результатам расчёта режима ПП и по параметрам несимметричных нагрузок. Из расчёта схемы замещения ОП определяются токи ОП во всех ветвях и напряжения ОП во всех узлах, в том числе и в узлах с несимметричными нагрузками. Затем уточняются токи ПП и мощность несимметричных нагрузок по найденным параметрам режима

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
20-22 октября 2022 года**

222-2

ОП и параметрам несимметричных нагрузок. Далее расчёт режимов ПП и ОП последовательно повторяется до достижения заданной точности.

Каждый узел схемы замещения ПП в общем виде представляется схемой замещения, показанной на рис.1. Эта схема предполагает, что в каждом узле может быть источник активной ($P_{1\Gamma}$) и реактивной ($Q_{1\Gamma}$) мощности ПП, активная и реактивная (P_{1H}, Q_{1H}) нагрузки ПП, проводимость на землю ($Y_{1i} = Y_{1ai} + jY_{1ri}$). Узел характеризуется напряжением ПП в данном узле – модулем (U_{1i}) и фазой (δ_{1i}). К узлу подходят связи, соединяющие данный узел со смежными узлами. Каждая связь между узлами i и j представляется П-образной схемой замещения (рис. 2), которая предполагает наличие активного (R_{ij}), реактивного (X_{ij}) сопротивлений связи, проводимости связи на землю у конца i (y_{1iij}) и проводимость у конца j (y_{1ijj}).

Расчет режима по ПП выполняется с использованием итерационных алгоритмов.

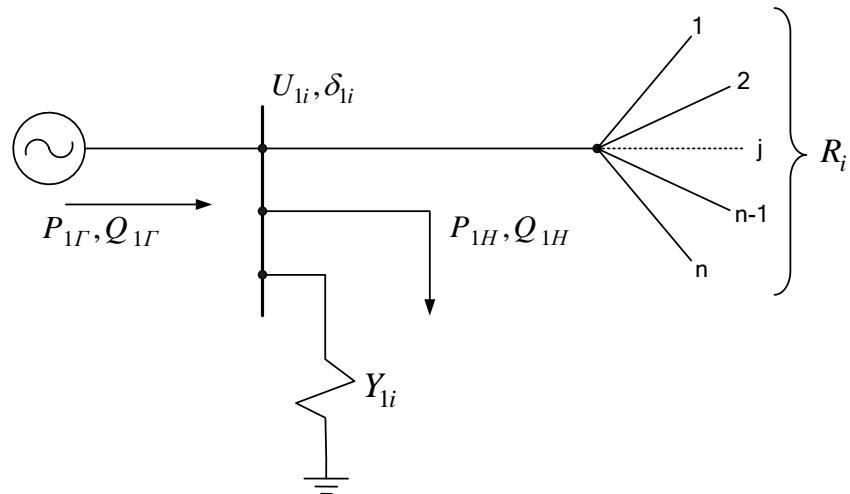


Рисунок 1- Схема замещения узла

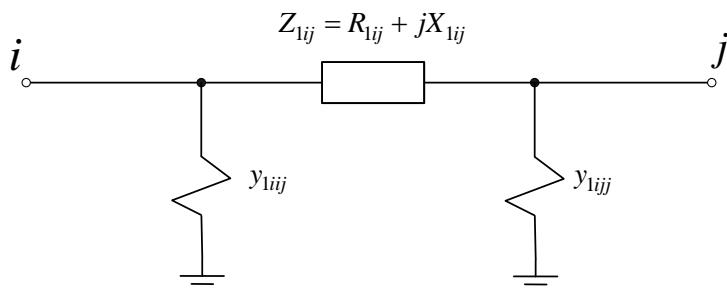


Рисунок 2 - Схема замещения связи

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
20-22 октября 2022 года**

222-3

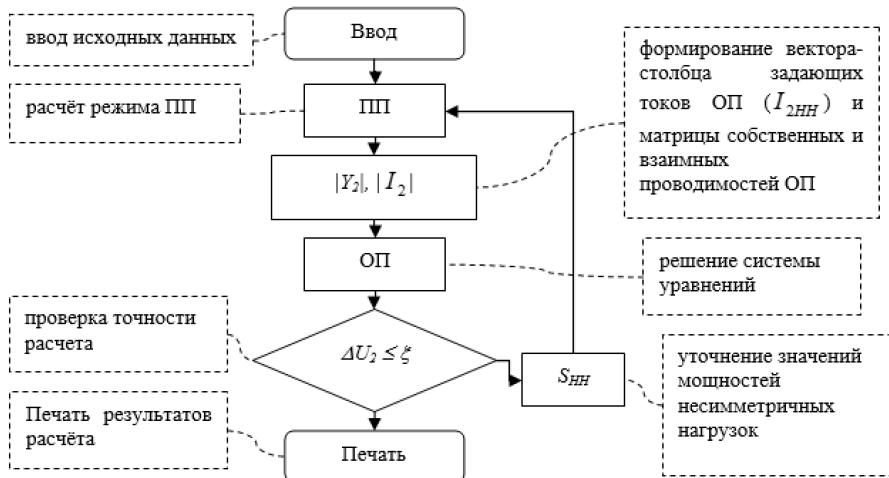


Рисунок 3 - Блок-схема расчёта несимметричного режима в симметричных координатах

Для осуществления расчета по вышеизложенным алгоритмам была запрошена и получена схема сети 6 - 220 кВ Бурятэнерго. Затем по схеме сети была сформирована схема замещения сети, состоящая из 161 узла и 180 связей.

Далее был проведен предварительный расчет, который показал превышение допустимых норм качества электроэнергии по несимметрии напряжений только в узлах с тяговой нагрузкой. Результаты представлены в таблице №1.

Таблица 1

Предварительные результаты расчета несимметричного режима

Тяговая нагрузка				
Номер узла	U_2, kV	$\frac{U_2}{U_1}, \%$	I_1, A	I_2, A
2700	1,41	5,84	459,62	177,03
2702	1,68	7,1	500,5	287,34
2704	0,95	3,76	146,89	116,97
2706	0,79	3,11	345,82	211,36
2708	0,76	3,04	232,86	151,07
2709	1,27	5,12	237,03	141,71
2711	1,12	4,32	457,27	264,72
2716	0,98	3,97	235,31	140,77
2717	1,61	6,48	238,46	152,18
2719	2,04	8,69	513,38	313,78

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
20-22 октября 2022 года**

222-4

Продолжение табл.1

Сторона ВН				
Номер узла	U_2, kV	$\frac{U_2}{U_1}, \%$	I_1, A	I_2, A
2003	3,79	1,73	0	0
2007	3,26	1,49	0	0
2011	4,02	1,84	0	0
2015	4,15	1,9	0	0
2017	4,15	1,9	0	0
2023	4,21	1,92	0	0
2025	4,6	2,12	0	0
2051	4,07	1,88	0	0
2053	4,47	2,05	0	0
2057	4,04	1,86	0	0
2031	3,08	1,74	0	0
2035	3,87	1,78	0	0

Далее по схеме сети и контрольным замерам одного из РЭС была составлена схема замещения сети, которая была присоединена к основной сети 220 кВ в узах 2031 и 2035. Итоговая схема состоит из 239 узлов и 267 связей. По общей схеме были рассчитаны параметры режимов. Результаты по характерному несимметричному режиму РЭС показаны в таблице №2.

Таблица 2-

Результаты расчета несимметричного режима РЭС

Номер узла	Наименование	U_2, kV	$\frac{U_2}{U_1}, \%$
1	2	3	4
108	Татаурово 1СШ10	0,06	0,59
113	Мостовая 2СШ	0,1	0,98
114	Мостовая 1СШ	0,1	0,98
115	Таловка 1СШ10	0,09	0,91
118	Ранжурово 2СШ	0,11	1,15
119	Ранжурово 1СШ	0,11	1,15
120	Творогово 2СШ	0,11	1,14
121	Творогово 1 СШ	0,11	1,12
122	Романово СШ10	0,11	1,08
123	Красный Яр СШ10	0,11	1,08

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
20-22 октября 2022 года**

Продолжение табл.2

1	2	3	4
124	Байкало-Кудара 1СШ10	0,11	1,06
125	Байкало-Кудара 2СШ10	0,11	1,02
126	Оймур 1СШ10	0,11	1,06
127	Оймур 2 СШ10	0,11	1,06
128	Сухая 2СШ10	0,11	1,07
129	Сухая	0,11	1,07
130	Итанца 2СШ10	0,04	0,44
131	Итанца 1СШ10	0,04	0,44
135	Кабанская 1СШ10	0,12	1,14
136	Кабанская 2СШ10	0,12	1,13
138	Татаурово 2СШ10	0,16	0,59
139	Байкальская 1СШ10	0,02	0,22
140	Байкальская 2СШ10	0,02	0,22

Выводы

Результаты расчета режимов показали, что коэффициенты несимметрии не выходят за пределы допустимых норм. Соответствие результатов нормированным показателям связано с тем, что РЭС в двух местах подключен к мощной сети 220 кВ [2]. Проблема несимметрии в РЭС отсутствует.

Список литературы:

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 22.07.2013 – Москва: Стандартинформ, 2014 – 16 с.
 2. Жежеленко, И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – 3-е изд. Перераб. и доп./ И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. – Москва: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с., 74 ил.
 3. Волков, Н.Г. Качество электроэнергии в системах электроснабжения: учебное пособие/ Н.Г. Волков. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 152 с.
- Информация об авторах:

V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
20-22 октября 2022 года

222-6

Подопригора Любовь Игоревна, студент гр. ЭСб-19-2, ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.83, podoprigora_2019@mail.ru

Тигунцев Степан Георгиевич, к.т.н., доцент, ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.83, stiguncev@yandex.ru