РАЗДЕЛ VI. ЭНЕРГЕТИКА

Дулесова Н.В., Мизев А.В.

Оценка несимметричных режимов работы электрических сетей с тяговой нагрузкой

*Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
(Россия, Абакан)*

doi: 10.18411/lj-05-2020-31

idsp: ljjournal-05-2020-31

Аннотация

Проанализированы статистические данные о величинах линейных напряжений подстанций на стороне высокого напряжения 220 кВ. Выполнена математическая и статистическая обработка данных, результаты представлены в файлах программы Microsoft office Excel. Выявлены нарушения требований к несимметрии напряжения, регламентированных ГОСТом 32144-2013. Обозначены причины возможного роста несимметрии и предложены мероприятия по её снижению.

Ключевые слова: электрическая сеть, несимметрия напряжений, обработка данных, телеметрия.

Abstract

Statistical data on the values of the line voltage of substations on the side of high-voltage of 220 kV was analyzed. Mathematical and statistical data processing has been performed, the results are presented in the Microsoft office Excel program files. That were identified violations of the requirements for asymmetry of voltage, regulated by GOST 32144-2013. The reasons for the possible increase of asymmetry of voltage are marked and measures to reduce it are proposed.

Keywords: electrical network, voltage imbalance, data processing, telemetry.

С каждым годом в электрических сетях 220–35 кВ происходит рост удельного веса и мощности тяговой нагрузки, состоящей из трехфазных и однофазных электроприемников. Тенденция увеличения единичной мощности однофазных приемников приводит к снижению показателей качества электроэнергии в электрических сетях.

Тяговые подстанции электрифицированного на переменном токе железнодорожного транспорта являются массивным источником несимметрии, поскольку электрические локомотивы являются однофазной нагрузкой большой мощности. Эксплуатация электрических сетей с этими видами нагрузок искажает синусоидальность и появляются несимметричные режимы, что негативно влияет на работу потребителей, чувствительных к таким видам помех [1].

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ [3] планируется увеличение объема транзитных перевозок контейнеров железнодорожным транспортом. За счет увеличения пропускной способности Транссибирской железнодорожной магистрали, планируется добиться сокращения времени перевозки контейнеров железнодорожным транспортом, при этом возрастет количество грузовых составов, идущих по железным дорогам Республики Хакасия. Увеличение загрузки транспортной магистрали приведет к увеличению мощности и, как следствие, к несимметрии напряжения на подстанциях, осуществляющих питание железнодорожный транспорт.

Согласно ГОСТ 32144-2013 [2] несимметрия напряжений оценивается коэффициентами несимметрии напряжений: K_{2U} – обратной последовательности; K_{0U} – нулевой последовательности.

Для данных показателей качества электроэнергии установлены следующие нормы:

- значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} не должен превышать 2% в течение 95% времени интервала в одну неделю.
- значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} не должен превышать 4% в течение 100% времени интервала в одну неделю.

В основе исследования и вычислений взяты измерения линейных напряжений на двух подстанциях ПС 220 кВ (далее – ПС№1 и ПС№2) принадлежащих и обслуживаемых «МЭС Сибири» – филиал ПАО «ФСК ЕЭС». Измерения собраны за период август 2018г. – октябрь 2019г. с шагом в 1 минуту и выгружены в файлы Microsoft office Excel.

Значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности распределялись по их величине на 5 полуинтервалов: (0%; 1%], (1%; 2%], (2%; 3%], (3%; 4%], (4%; 100%], а по времени замера на 4 полуинтервала: [0:00; 6:00), [6:00; 12:00), [12:00; 18:00), [18:00; 24:00).

Для построения графиков, отражающих частоту проявления несимметрии в каждую неделю, была написана программа. Расчет коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности осуществлялся построчно. Через каждые 10 строк данных находилось среднее арифметическое найденных коэффициентов, после этого в соответствующей ячейке на единицу увеличивалось количество значений средних коэффициентов, попавших в данный полуинтервал.

С целью выявления соответствия телеметрии подстанций требованиям ГОСТа, выполнена математическая обработка данных. Для этого использовался встроенный в Microsoft office язык программирования Visual Basic for Applications.

В качестве примера в таблице 1, на основе использования написанной программы, для ПС№2 представлены результаты измерения несимметрии.

Таблица 1.

ПС№2 с 32 недели 2018 г. по 13 неделю 2019 г.

0..1%					1..2%					2..3%				
Неделя	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.	Неделя	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.	Неделя	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.
32	177	216	178	164	32	75	35	65	86	32		1	9	2
33	179	206	210	164	33	73	46	42	87	33				1
34	174	194	163	169	34	78	58	83	82	34			6	1
35	177	207	186	171	35	75	45	65	81	35			1	
36	150	216	192	153	36	102	36	60	99	36				
37	178	211	202	151	37	71	41	50	101	37	3			
38	174	230	216	168	38	77	22	36	82	38	1			2
39	206	227	223	191	39	46	25	29	61	39				
40	199	227	195	189	40	53	25	57	63	40				
41	194	220	189	162	41	58	32	50	76	41			12	9
42	205	228	193	174	42	47	24	52	75	42			7	3
43	206	232	224	190	43	46	20	28	56	43				5

Исследование несимметрии (1%; 2%). Используя данные за весь рассматриваемый период, содержащий статистику по несимметрии напряжения от 1% до 2%, следует отметить: на обеих подстанциях наиболее частые случаи несимметрии в ночные часы (18-24 час). Наиболее детальное исследование распределения несимметрии по времени суток представлено в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты несимметрии 1-2%

ПС №2				ПС №1/1				ПС №1/2			
0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.
2284	1802	2430	3322	4123	3734	3760	4959	6810	5712	6127	7997

Из таблицы 2 видно, что наименьшее число случаев несимметрии на двух подстанциях приходится на утренние часы.

Исследование несимметрии (2%; 3%) и (3%; 4%). Так как имеется нормативное допустимое количество превышений несимметрии в 2%, то промежутки (2%; 3%) и (2%; 4%) исследовались совместно. На графиках (рис. 1-3) показано количество несимметрии 2–3% и 3–4% за каждую неделю, их сумма и допустимое количество.

Допустимое значение является 5% от общего числа замеров за неделю, при 1008 замерах допустимое значение составит 50 превышений порога в 2%.

Рисунок 1 – ПС №2

На рисунке 1 видно, что в период с 46-й недели по 12 неделю отсутствуют случаи несимметрии >2%. В этот же момент наблюдается снижение случаев несимметрии 1-2%.

Рисунок 2 – ПС №1/1

Необходимо отметить, что на ПС №2 за весь период исследования, не было зафиксирована ни одного случая превышения допустимого значения количества случаев несимметрии в 2%, что нельзя сказать о ПС №1. Значения количества несимметрии на этой подстанции лежат в допустимой области только в период с 45 недели по 27 неделю. До 44 недели 2018 года и после 27 недели 2019 года наблюдается превышение допустимой величины. Также видны случаи выхода графиков из

допустимой области даже в период с 45 неделю 2018 г. по 27 неделю 2019 г. Например, на рисунке 2 это произошло в 16 неделю, а на рисунке 3 - произошло в 50-ю и 13-ю недели.

Рисунок 3 – ЛС№1/2

Исследования распределения несимметрии по временным интервалам представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты по несимметрии 2-4%

ЛС №2				ЛС №1/1				ЛС №1/2			
0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.	0..6 ч.	6..12 ч.	12..18 ч.	18..24 ч.
7	18	99	47	425	325	533	729	947	473	791	1357

Из таблицы видно, что на ЛС№2 несимметрия 2-4% наиболее распространена в дневные часы, в отличие от ЛС№1, на которой наибольшее число несимметрии соответствуют вечерним часам.

Исследование несимметрии больше 4%. Превышений несимметрии порога в 4% согласно нормативному документу не должно быть, однако согласно полученным результатам данное требование к качеству электроэнергии не выполняется.

Согласно расчетам на ЛС№2 получилось одно превышение на 41-й недели 2018 года, в период с 18 по 24 час.

Результаты исследования случаев несимметрии >4% на ЛС№1 представлены на рисунке 4.

Рисунок 4 – ЛС№1

На графике видно большое число превышений несимметрии значения в 4%. Случаи данной несимметрии преобладают в период после 23-й недели 2019 года и до 42-ю неделю 2018 года.

Заключение. Анализ несимметричных режимов работы электрических сетей с тяговой нагрузкой показал нарушение требований, регламентированных ГОСТом 32144-2013. Случаи несимметрии напряжения наиболее распространены и значительны по величине в летний период, а в зимний период несимметрия практически соответствует требованиям ГОСТа. Одной из причин этого можно считать высокий грузопоток в летний период. Из этого можно сделать вывод, что при реализации Распоряжения Правительства [3] произойдет увеличение несимметрии как по количеству случаев, так и по амплитуде. К мерам по снижению несимметрии можно отнести применение симметрирующих трансформаторов, уменьшение сопротивлений трансформаторов, фазных и нулевых проводов нулевой последовательности, а также использование устройств уравнивания мощности [4].

1. Дед А.В. К вопросу о классификации несимметричных режимов в электрических сетях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 10-2. – С. 183-185; URL: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=10312> [дата обращения: 23.04.2020].
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index/54/54884.htm> [дата обращения 15.03.2020]
3. Распоряжение Правительства РФ от 30 сентября 2018 г. № 2101-р «Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г.» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71975292/> [дата обращения 15.03.2020].
4. Манусов В.З., Морозов П.В. Исследование методов снижения несимметрии загрузки трехфазной сети на тяговых подстанциях скоростных железных дорог переменного тока // Научно-технический журнал «Известия Транссиба». – 2012. – № 2(10). – С. 87-93; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-snizheniya-nesimmetrii-zagruzki-trehfaznoy-seti-na-tyagovyh-podstantsiyah-skorostnyh-zheleznyh-dorog-peremennogo> [дата обращения: 26.04.2020].

Панченко В.А.^{1,2}, Чирский С.П.³

Визуализация теплового состояния фотоприёмника с турбулизаторами потока теплоносителя

¹Российский университет транспорта МИИТ

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

³МГТУ им. Н.Э. Баумана

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-05-2020-32

idsp: ljjournal-05-2020-32

Аннотация

В статье рассмотрено моделирование теплового состояния фотоприёмника концентраторного теплофотоэлектрического солнечного модуля. Рассмотрены несколько вариантов моделей фотоприёмников с различными турбулизаторами в конструкции, которые обеспечивают более эффективный теплосъём с радиатора, на котором располагаются фотоэлектрические преобразователи, таким образом увеличивая эффективность солнечного модуля.

Ключевые слова: солнечная энергетика, концентратор, система конечно-элементного анализа, фотоэлектрические преобразователи, тепловое состояние.

Abstract

The article discusses the simulation of the thermal state of a photoreceiver of a concentrator photovoltaic thermal solar module. Several variants of photoreceiver models with various turbulators in the design are considered, which provide a more efficient heat removal from the radiator on which the photoelectric converters are located, thereby increasing the efficiency of the solar module.