

5. GOST 20915-2011. Ispytaniya sel'skokhozyaistvennoi tekhniki. Metody opredeleniya uslovii ispytaniy. – М.: Standartinform, 2013. – 23 с.

6. GOST R 52777-2007. Tekhnika sel'skokhozyaistvennaya. Metody energeticheskoi otsenki. – М.: Standartinform, 2008. – 12 с.

7. Spiridonov A.A. Planirovanie eksperimenta pri issledovanii tekhnologicheskikh protsessov. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 184 с.

8. Adler Yu.P., Makarova E.V., Granovskii Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii. – М.: Nauka, 1976. – 279 с.



УДК 621.316

**И.В. Наумов, С.В. Подъячих, Д.А. Иванов,
М.В. Шевченко, Г. Дамдинсүрэн**
I.V. Naumov, S.V. Podiachikh, D.A. Ivanov,
M.V. Shevchenko, Damdinsuren Gantulga

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВ МОНГОЛИИ

THE ESTIMATION OF QUALITY AND SUPPLEMENTARY LOSSES OF ELECTRIC POWER IN RURAL POWER DISTRIBUTION NETWORKS OF 0.38 KV IN MONGOLIA

Ключевые слова: качество электрической энергии, измерение, несимметрия напряжений, электрическая сеть, исследование, дополнительные потери мощности.

Приводятся исследования несимметричных режимов работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ в Монголии. Одна из главных причин выхода показателей качества электроэнергии за нормированные значения заключается в неравномерной нагрузке фаз сети, что также приводит и к увеличению потерь электроэнергии. Исследования несимметричных режимов работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ производятся в три этапа: измерение, расчет и анализ полученных данных; практические рекомендации; технические средства для нормализации режима работы сети. Измерения проводились сертифицированным прибором «Ресурс-UF2М». По результатам исследований и анализа полученных зависимостей показателей несимметрии напряжений и дополнительных потерь мощности в действующих сетях 0,38 кВ установлено, что качество электрической энергии в исследуемых сетях не соответствует требованиям государственного стандарта, а сами показатели несимметрии напряжений превышают установленные ГОСТом значения.

Keywords: electric power quality, measurement, voltage unbalance, power network, research, supplementary losses of power.

Unbalanced operation of rural power distribution networks 0.38 kV in Mongolia is studied. One of the main causes of electric power quality indices exceeding the rated values is unbalanced load of network branches which also results in increased power losses. The research of the unbalanced operation of rural electric power distribution networks 0.38 kV was conducted in the following three steps: measuring, calculation and analysis of the obtained data, developing practical guidelines and proposing technical devices to normalize network operation. The measurements were made with a certified device "Resurs-UF2M". The obtained research results and the analysis of the obtained dependences of voltage unbalance indices and supplementary losses of power in the operating networks 0.38 kV revealed that the quality of electric power in the examined networks does not meet the requirements of the State Standard and the voltage unbalance indices exceed the values established by the GOST (State Standard).

Наумов Игорь Владимирович, д.т.н., проф., каф. электроснабжения и электротехники. Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет. E-mail: professor-naumov@list.ru.

Подъячих Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, зав. каф. электроснабжения и электротехники, Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: PSV78@yandex.ru.

Иванов Дмитрий Александрович, к.т.н., доцент, каф. электроснабжения и электротехники, Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: ivanov-irk@yandex.ru.

Naumov Igor Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Power Supply and Electrical Engineering, Natl. Research Irkutsk State Technical University. E-mail: professornaumov@list.ru.

Podiachikh Sergey Valeryevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk State Agricultural Academy. E-mail: PSV78@yandex.ru.

Ivanov Dmitriy Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk State Agricultural Academy. E-mail: ivanov-irk@yandex.ru.

Шевченко Максим Валерьевич, к.с.-х.н., доцент, зав. каф. электроэнергетики и электротехники, Дальневосточный государственный аграрный университет. Тел.: (4216) 52-65-86. E-mail: shevmax@yandex.ru.

Дамдинсүрэн Гантулга, ст. преп., Монгольский государственный сельскохозяйственный университет, г. Улан-Батор, Монголия. E-mail: ganaa955@yahoo.com.

Shevchenko Maksim Valeryevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Electric-Power Industry and Electrical Engineering, Far East State Agricultural University. Ph.: (4216) 52-65-86. E-mail: shevmax@yandex.ru.

Damdinsuren Gantulga, Asst. Prof., Mongolian State University of Agriculture, Ulan Bator, Mongolia. E-mail: ganaa955@yahoo.com.

Одними из существенных критериев оценки качества электрической энергии являются показатели, характеризующие несимметрию трёхфазной системы напряжений. В системах электроснабжения различают кратковременные (аварийные) и длительные (эксплуатационные) несимметричные режимы. Кратковременные несимметричные режимы обычно связаны с различными аварийными процессами, например, несимметричные короткие замыкания, обрывы одного или двух проводов в воздушной линии с замыканием на землю и т.д. Длительные несимметричные режимы обычно обусловлены несимметрией элементов электрической сети (неполнофазными ответвлениями (одно-, двухфазные ответвления) или подключением к системе электроснабжения несимметричных (одно-, двух- или трехфазных) нагрузок.

Возникающая по разным причинам несимметрия токов, протекая по элементам электрической сети, создает на них несимметричные падения напряжения, что, в свою очередь, приводит к несимметрии системы напряжений в целом.

Критериями оценки несимметрии напряжения служат два показателя качества, а именно коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, значения которых регламентируются ГОСТ 32144-2013 [1]. Кроме того, симметричные составляющие токов обратной и нулевой последовательностей, протекая по элементам электрической сети, создают существенные дополнительные активные потери электрической энергии.

Исследованиями несимметрии токов и напряжений, оценкой их последствий и разработкой способов и специальных технических средств, минимизирующих эти последствия, занимались многие ученые России. В условиях Монголии такие исследования не производились. Поэтому рядом ученых под руководством Засл. работника образования ВШ РФ, д.т.н., профессора И.В. Наумова в период 2013-2014 гг. были проведены многочисленные исследования несимметричных режимов в электрических сетях 0,38 кВ на ряде трансформаторных подстанций, питающих коммунально-бытовую и смешанную нагрузки.

Цель исследований – провести анализ уровня качества и дополнительных потерь

электрической энергии на одной из отходящих ЛЭП напряжением 0,38 кВ в Монголии.

Для достижения указанной цели был поставлены следующие **задачи**:

- 1) с помощью инструментальной базы определить средние значения токов и напряжений в ЛЭП в разное время года;
- 2) используя разработанную компьютерную программу, произвести расчет показателей качества электрической энергии, а также дополнительных потерь активной мощности;
- 3) построить временные диаграммы изменения исследуемых величин и проанализировать характер их измерений;
- 4) дать экономическую оценку низкому качеству и дополнительным потерям активной мощности;
- 5) предложить способы или технические средства для нормализации качества и снижения потерь электроэнергии.

Хотелось показать результаты исследований на одной из подстанций, а именно ТП-5, общий вид которой представлен на рисунке 1, характеристика самой подстанции и подключенных потребителей показаны ниже.



Рис. 1. Общий вид трансформаторной подстанции, на которой производились исследования

На подстанции установлен силовой трансформатор ТМ-250-10/0,4 кВ, от которой отходят 4 линии электропередачи (ЛЭП), выполненные проводом СИП2а. Общая протяженность ЛЭП составляет 5990 м, из них принадлежащих на ЛЭП1, выполненную СИП2а,

сечением 50 мм², – 1036 м; ЛЭП2, выполненную проводом СИП2а, сечением 35 мм² – 1536 м; ЛЭП3, выполненную проводом СИП2а, сечением 25 мм², – 2081 м и ЛЭП4, выполненную проводом СИП2а, сечением 16 мм², – 1337 м. Количество потребителей, подключенных на фазные напряжения, создающие трёхфазную несимметричную нагрузку, распределены следующим образом: фаза «а» – 95 шт.; фаза «в» – 95 шт.; фаза «с» – 93 шт. Потребителем электрической энергии является коммунально-бытовая нагрузка, в качестве которой используются юрты, электроприемниками которых являются: электронагреватели (зимой), электропечи, холодильники, стиральные машины, утюги, осветительные установки, телевизионные приемники, ручной электроинструмент и др. Общая установленная мощность электроприемников составляет около 15 кВт.

В качестве средств измерения использовался сертифицированный прибор «Ресурс УФ-2М», подключение которого показано на рисунке 2.

В основе определения симметричных составляющих токов и напряжений лежит разработанный профессором Ф.Д. Косоуховым (СПБГАУ) модульный метод [2-4]. На основе модульного метода нами разработана компьютерная программа «Несимметрия» [5], написанная на языке Java, с использованием

операционной системы Archlinuxx86_64 и математического кодирования Netbeans. Используются дополнительные библиотеки: JFreeChart 1.0.16 – библиотека JAVA; ApachePOItheJavaAPIforMicrosoftDokuments 3.8.

На основании произведенных измерений прибором «Ресурс УФ-2М» и обработки полученных измерений по программе «Несимметрия» результаты были сведены в таблицу.

На основании данных таблицы построены временные диаграммы изменения токов, а также показателей качества и дополнительных потерь электроэнергии.

На рисунке 3 представлены временные диаграммы изменения фазных токов в исследуемой ЛЭП. Наиболее загруженной является фаза «С», по которой протекает средний за исследуемый период времени ток, равный 35,4 А. В фазах «А» и «В» такой ток, соответственно, составляет 12,8 и 9,3А.

Такой «перекося фаз» привел к возникновению коэффициентов несимметрии токов по обратной (K_{2i}) и нулевой (K_{0i}) последовательностям (рис. 3 б). Их средние значения за исследуемый период составили, соответственно, 0,47 и 0,45, что привело к увеличению потерь мощности, характеризующихся коэффициентом дополнительных потерь K_p , среднее значение которого составило 2,4 (рис. 4).

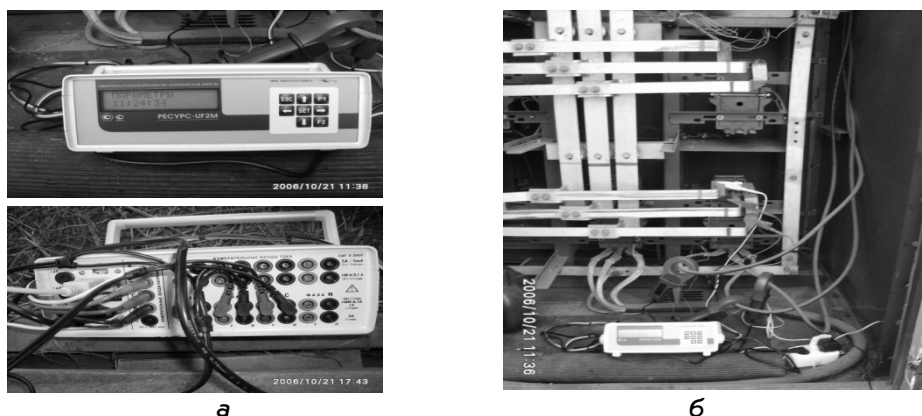


Рис. 2. Прибор «Ресурс УФ-2М (а)», его подключение к исследуемой сети (б)

Таблица

Результаты исследований несимметричных режимов на ТП 5

Время года	Линия	U _A	U _B	U _C	U _{AB}	U _{BC}	U _{CA}	I _A	I _B	I _C	I _N	I _{BC}	K _{2i}	K _{0i}	K _p	K _{2U}	K _{0U}	R ₀	L
Зима	Л1-1	238	244	232	390	390	390	12,76	9,30	35,41	24,24	30,46	0,475	0,453	2,426	0,093	0,108	0,641	1,036
	Л2-1	237	243	235	390	389	390	27,49	35,18	23,21	19,14	32,75	0,386	0,234	1,423	0,098	0,108	0,863	1,54
	Л3-1	239	242	233	390	390	390	36,19	34,37	60,43	26,28	49,82	0,475	0,245	1,542	0,092	0,109	0,641	2,1
	Л4-1	239	244	233	390	390	389	11,59	22,63	21,28	15,93	22,75	0,638	0,297	1,878	0,096	0,115	0,641	1,34
Весна	Л1-2	228	230	225	402	402	400	14,23	7,45	27,88	20,82	27,99	0,467	0,495	2,42	0,034	0,035	0,641	1,036
	Л2-2	228	230	225	402	402	400	19,45	29,12	20,71	14,74	26,83	0,498	0,208	1,618	0,034	0,035	0,863	1,54
	Л3-2	234	237	220	401	401	400	47,65	29,81	38,07	21,27	43,03	0,301	0,294	1,314	0,02	0,029	0,641	2,1
	Л4-2	233	236	230	401	401	400	17,96	17,65	9,53	13,25	15,41	0,344	0,437	1,529	0,018	0,026	0,641	1,34
Лето	Л1-3	225	217	228	380	389	392	8,17	10,91	10,23	6,29	11,12	0,416	0,23	1,427	0,019	0,024	0,641	1,036
	Л2-3	234	237	230	401	401	400	47,65	29,81	38,07	21,27	43,03	0,404	0,53	1,44	0,018	0,023	0,863	1,54
	Л3-3	225	217	227	380	388	391	14,58	18,44	9,28	17,96	16,58	0,718	0,13	3,255	0,02	0,026	0,641	2,1
	Л4-3	225	217	228	380	389	392	34,19	33,83	30,74	10,65	35,83	0,266	0,24	1,124	0,019	0,025	0,641	1,34
Осень	Л1-4	231	224	230	396	398	398	10,88	15,90	18,40	10,63	15,61	0,598	0,344	1,946	0,012	0,016	0,641	1,036
	Л2-4	230	222	230	394	397	398	26,74	33,60	24,73	16,12	35,00	0,32	0,232	1,355	0,013	0,018	0,863	1,54
	Л3-4	231	224	229	396	397	398	41,14	45,25	28,37	24,11	48,76	0,305	0,218	1,355	0,013	0,02	0,641	2,1
	Л4-4	231	223	229	395	396	396	19,03	18,70	16,53	10,65	21,82	0,34	0,292	1,377	0,019	0,026	0,641	1,34

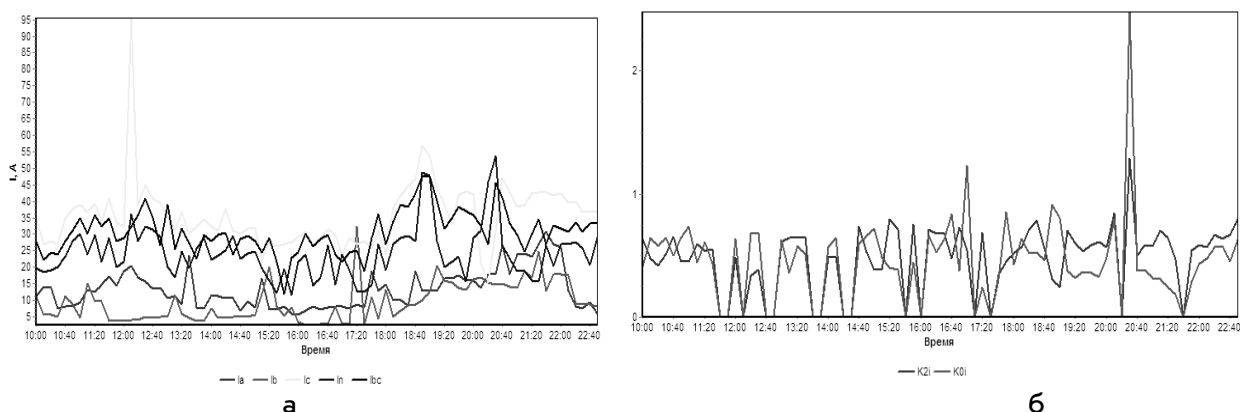


Рис. 3. Временные диаграммы изменения токов (а) и показателей их несимметрии – коэффициентов (б) по обратной и нулевой последовательностям

Таким образом, потери электрической энергии в реальном несимметричном режиме в 2,4 раза превышают потери, обусловленные протеканием только токов прямой последовательности.

Рассмотрим, как дополнительные потери мощности в несимметричном режиме влияют на увеличение стоимости электрической энергии. Предполагаем, что электрическая энергия передается по данной ЛЭП в течение года непрерывно. Таким образом, время потерь T условно можно принять равным 2190 ч для каждого времени года.

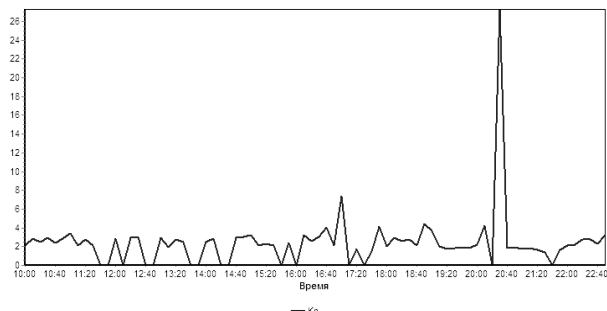


Рис. 4. Временная диаграмма изменения коэффициента дополнительных потерь мощности в исследуемой электрической сети 0,38 кВ

Тогда общие потери электрической энергии в исследуемой ЛЭП с учётом несимметрии токов в каждой из фаз:

$$\Delta W = l \cdot r_0 \cdot T \cdot (I_A^2 + I_B^2 + I_C^2), \quad (1)$$

где l – длина исследуемой ЛЭП (составляющая 1,036 км);

r_0 – активное сопротивление 1 км провода, равное 0,641 Ом/км;

I_A, I_B, I_C – соответственно, средние значения фазных токов в ЛЭП за период исследования (токи в фазах, средние за период измерения, составили, соответственно, 12,76; 9,3 и 35,4А).

Таким образом:

$$\Delta W = 1,036 \cdot 0,641 \cdot 2190 \cdot (12,76^2 + 9,3^2 + 35,4^2) = 2185,67 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Потери электрической энергии, в условно-симметричном режиме (в том случае если

бы коэффициент потерь мощности был равен 1), при среднем значении коэффициента потерь, равном 2,43:

$$\Delta W_{\text{сим}} = \frac{\Delta W}{K_p} = \frac{2185,67}{2,43} = 899,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Потери электрической энергии, приходящиеся на долю несимметрии фазных токов:

$$\Delta W_{\text{нес}} = \Delta W - \Delta W_{\text{сим}} = 2185,67 - 899,45 = 1286,22 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Стоимость электрической энергии для сельских электрических сетей составляет 113,9 тугр/кВт·ч. В долларовом эквиваленте на 13.12.2014 г. составит 0,062 долл/кВт·ч (1\$=1840 тугр.).

Таким образом, стоимость дополнительных потерь электрической энергии, обусловленных несимметрией токов, за год в исследуемой ЛЭП составляет:

$$C = \Delta W_{\text{нес}} \cdot \beta = 1286,22 \cdot 0,062 = 78,3 \$ = 143992 \text{ тугр}.$$

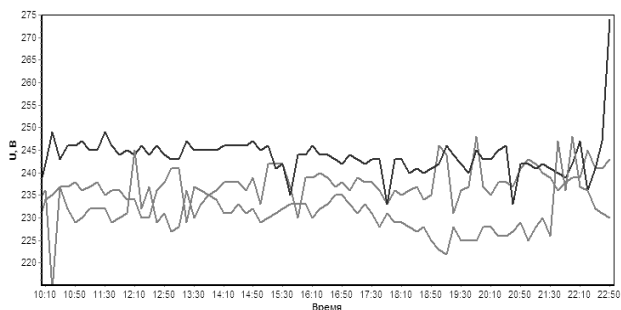
Следует отметить, что данные потери электрической энергии и их стоимость просчитаны только непосредственно для исследуемой отходящей ЛЭП. Протекание токов нулевой и обратной последовательностей по обмотке низкого напряжения силового трансформатора также приводит к увеличению потерь, которые будут определяться суммированием токов обратной и нулевой последовательностей от каждой из присоединенных к шинам 0,4 кВ линий электропередачи. Поэтому полученное значение стоимости дополнительных потерь электроэнергии значительно увеличится.

На рисунке 5 (а, б) представлены временные диаграммы изменения фазных и междупазных напряжений в ЛЭП, а также коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности (рис. 6).

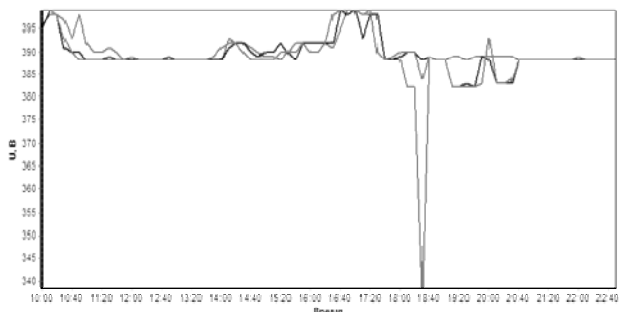
Таким образом, в 100% времени интервала измерений коэффициенты K_{2U} и K_{0U} превышают установленные значения, соответственно, в 2,34 и в 2,7 раза, причем в 95%

исследуемого интервала эти показатели превышают нормальные (2%) значения, соответственно, в 4,65 и 5,4 раза.

Симметрирование режима работы данной электрической сети возможно за счет снижения систематической (неслучайной) и вероятностной несимметрией фазных токов [6].



а



б

Рис. 5. Временные диаграммы изменения фазных (а) и междуфазных (б) напряжений в ЛЭП

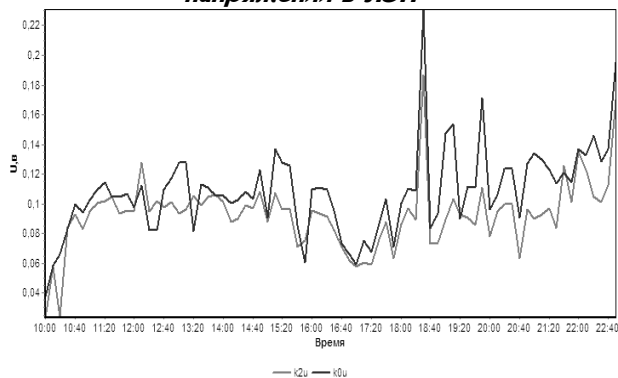


Рис. 6. Временные диаграммы изменения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям

Статистическая несимметрия токов, обусловленная неравномерным характером распределения однофазных нагрузок по фазам трёхфазной электрической сети, может быть уменьшена путем перераспределения однофазных нагрузок, а именно: снять нагрузку с перегруженной фазы «С» – 16,5 А и добавить на фазу «А» – 6,2 А и на фазу «В» – 9,6 А.

Вместе с этим вероятностную составляющую несимметрии токов ничем, кроме симметрирующего устройства, уменьшить не-

возможно. Вследствие этого наиболее эффективным средством нормализации режима работы данной ЛЭП является подключение шунто-симметрирующего устройства, параметры которого можно рассчитать по методике, изложенной в [7]:

$$\begin{aligned} Y_{CV1} &= Y_{31} - Y_1 - Y_{S1}; \\ Y_{CV2} &= Y_{32} - Y_2 - Y_{S2}; \\ Y_{CV0} &= Y_{30} - Y_0, \end{aligned} \quad (2)$$

где $Y_{CV1}, Y_{CV2}, Y_{CV0}$ – соответственно, комплексные проводимости прямой, обратной и нулевой последовательностей симметрирующего устройства;

Y_{31}, Y_{32}, Y_{30} – эквивалентные проводимости схем замещения, соответственно, прямой, обратной и нулевой последовательностей;

Y_1, Y_2, Y_0 – комплексные проводимости электрической сети соответственно, прямой, обратной и нулевой последовательностей;

Y_{S1}, Y_{S2} – комплексные проводимости трёхфазной симметричной нагрузки, соответственно, прямой и обратной последовательностей.

Поскольку к данной электрической сети подключена только коммунально-бытовая нагрузка, следовательно, этими проводимостями можно пренебречь.

Использование данной методики позволило определить параметры симметрирующего устройства для исследуемой линии электропередачи:

$$\begin{aligned} Z_{CV1} &= Z_{CV} = 214,67 \cdot e^{j44,09^\circ} \text{ Ом}; \\ Z_{CV0} &= 0,052 \cdot e^{j119,06^\circ} \text{ Ом}. \end{aligned} \quad (3)$$

Следует отметить, что показаны исследования несимметричных режимов работы лишь одной линии электропередачи для ТП5 и только для одного, зимнего режима. Причем дополнительные потери в силовом трансформаторе не учитывались. На самом деле картина по четырем отходящим ЛЭП от ТП5 и в самом трансформаторе следующая.

Суммарная стоимость дополнительных потерь мощности, за счет несимметрии фазных токов в четырех отходящих линиях и силовом трансформаторе ТП 5, составила: зимой: 1403921 тугр.= \$758,12; весной: 914030 тугр.= \$494\$; летом: 851051,25 тугр. (\$443); осенью: 842669 тугр., т.е. стоимость суммарных годовых потерь в этой сети – 3972522,2 тугр. (\$2066).

Вывод

Таким образом, осуществленный анализ показал, что режим работы исследуемой электрической сети является объективно-несимметричным и требует применения мероприятий, в частности установки шунто-симметрирующего устройства для снижения

дополнительных потерь и повышения качества электрической энергии.

Библиографический список

1. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / Межгос. совет по стандартизации, метролог. и сертифик. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
2. Косоухов Ф.Д. Методы расчета и анализа показателей несимметрии токов и напряжений в сельских распределительных сетях: учебное пособие. – Л.: ЛСХИ, 1984. – 42 с.
3. Косоухов Ф.Д., Наумов И.В. Несимметрия напряжений и токов в сельских распределительных сетях. – Иркутск, 2003. – 260 с.
4. Наумов И.В., Подъячих С.В., Иванов Д.А., Шпак Д.А. Исследование и анализ дополнительных потерь мощности и качества электрической энергии в сельских распределительных сетях напряжением 0,38 кВ при несимметричной нагрузке // Отчёт о выполнении НИР и практические рекомендации. – Иркутск: Репроцентр А1, 2006. – 56 с.
5. Наумов И.В. Оптимизация несимметричных режимов системы сельского электроснабжения. – Иркутск: На Чехова, 2001. – 217 с.
6. Naumov I.V., Ivanov D.A., Gantulga D. Automatic control of the balanced devices in distributing networks 0.38 kV // "Engineering Problems in Agriculture and Industry". – June 2-4, 2010, Ulaanbaatar, Mongolia. – P. 105-108.
7. Наумов И.В., Пруткина А.В. Выбор параметров симметрирующего устройства в зависимости от изменяющихся показателей несимметрии в распределительных сетях 0,38 кВ с сосредоточенной нагрузкой //

Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 11. – С. 186-195.

References

1. GOST 32144-2013 Normy kachestva elektricheskoi energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya / Mezghos. sovet po standartizatsii, metrolog. i sertifik. – М.: Standartinform, 2014. – 16 s.
2. Kosoukhov F.D. Metody rascheta i analiza pokazatelei nesimmetrii tokov i napryazhenii v sel'skikh raspredelitel'nykh setyakh: uchebnoe posobie. – L.: LSKhI, 1984. – 42 s.
3. Kosoukhov F.D., Naumov I.V. Nesimmetriya napryazhenii i tokov v sel'skikh raspredelitel'nykh setyakh. – Irkutsk, 2003. – 260 s.
4. Naumov I.V., Pod'yachikh S.V., Ivanov D.A., Shpak D.A. Issledovanie i analiz dopolnitel'nykh poter' moshchnosti i kachestva elektricheskoi energii v sel'skikh raspredelitel'nykh setyakh napryazheniem 0,38 kV pri nesimmetrichnoi nagruzke // Otchet o vypolnenii NIR i prakticheskie rekomendatsii. – Irkutsk: Reprintsentr A1, 2006. – 56 s.
5. Naumov I.V. Optimizatsiya nesimmetrichnykh rezhimov sistemy sel'skogo elektrosnabzheniya. – Irkutsk: Na Chekhova, 2001. – 217 s.
6. Naumov I.V., Ivanov D.A., Gantulga D. Automatic control of the balanced devices in distributing networks 0.38 kV // "Engineering Problems in Agriculture and Industry". – June 2-4, 2010, Ulaanbaatar, Mongolia. – P. 105-108.
7. Naumov I.V., Prutkina A.V. Vybor parametrov simmetriruyushchego ustroystva v zavisimosti ot izmenyayushchikhsya pokazatelei nesimmetrii v raspredelitel'nykh setyakh 0,38 kV s sosredotochennoi nagruzkoj // Vestnik KrasGAU. – 2014. – № 11. – S. 186-195.



УДК 631.3.004.5:004.94

А.В. Шистеев, М.К. Буряев
A.V. Shisteyev, M.K. Burayev

**РЕЗЕРВЫ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ
 ИМПОРТНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

THE RESERVES OF THE MAINTENANCE SYSTEM OF IMPORTED AGRICULTURAL MACHINERY

Ключевые слова: импортная, сельскохозяйственная техника, отказы, безотказность, технический сервис, сменно-обменный элемент, обслуживание, ремонт, дилерский центр.

В сельскохозяйственных предприятиях Сибирского региона сегодня эксплуатируется различная современная высокопроизводительная техника иностранного производства. Зарубежные машины зачастую показывают лучшие, а иногда рекордные, показатели производительности и снижения потерь урожая при уборочных технологических операциях. Они имеют долгосрочную гарантию от фирмы-

производителя и при этом способны обходиться без ремонта довольно длительное время в силу того, что машины собирают из высококачественных комплектующих деталей, проходят несколько уровней проверки качества сборки агрегатов и узлов. Однако несмотря на высокую эксплуатационную надежность импортные машины нередко выходят из строя вследствие различных неисправностей и отказов. Выполненный в данной работе анализ отказов машин иностранного производства показал, что причины их возникновения в основном схожи с причинами отказов отечественных машин. Отличие в том, что в ряде случаев время устрани-