

УДК 621.316

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В МОДЕЛЯХ ВЛ 6-10 КВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Г.Ф. КУЦЕНКО, А.А. ПАРФЁНОВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

Качество электрической энергии – важный фактор, определяющий эксплуатационную надежность электрооборудования. Специфические для сельскохозяйственного производства показатели качества электрической энергии – отклонения напряжения и несимметрия напряжения основной частоты. Под отклонением напряжения понимают достаточно медленные изменения напряжения, равные разности между фактическим значением напряжения в точке сети и номинальным его значением. Отклонения напряжения от номинального (%) определяют по формуле:

$$\delta U = \frac{U - U_H}{U_H} 100, \quad (1)$$

где  $U$  – действительное напряжение,  $U_H$  – номинальное напряжение сети.

Отклонения напряжения оказывают большое влияние на работу асинхронных двигателей [1]. Изменение напряжения, особенно сверх допустимого значения, оказывает значительное влияние на работу потребителей. Весьма чувствительны к этому осветительные приборы. При повышении напряжения сверх номинального резко снижается срок службы ламп накаливания, а при понижении заметно падает их световой поток. Для люминесцентных ламп, которые все более широко применяются в сельскохозяйственных осветительных установках, срок службы сокращается как при повышении, так и при понижении напряжения. Снижение напряжения приводит к понижению мощности и к ухудшению нагрева электронагревательных приборов, работы (невозможности работы) компьютеров и оргтехники, телевизоров, холодильников и других бытовых приборов.

В данной статье исследуется отклонение напряжения в воздушных линиях электропередачи 6-10 кВ сельскохозяйственного назначения. Аналогичных публикаций по данной теме за последние десять лет не обнаружено. Исследования проведены на моделях ВЛ 6-10 кВ, построенных по результатам вероятно-статистического исследования воздушных линий электропередачи РУП «Гомельэнерго» [2]. В табл. 1 представлены основные характеристики некоторых моделей.

Далее был проведен анализ моделей с точки зрения потерь напряжения и проведена оценка отклонения напряжения. Потери напряжения были рассчитаны в каждом узле модели и на шинах подстанций по следующей формуле [3]:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_H}, \quad (2)$$

где  $P$  – активная мощность, кВт;  $Q$  – реактивная мощность, квар;  $R$  и  $X$  – активное и реактивное соответственно сопротивление, Ом;  $U_H$  – номинальное напряжение, кВ.

Таблица 1

### Параметры линий 6-10 кВ

№ модели	Суммарная длина линии, $L_{10}$ , км	Общее число ответвлений, $n_0$ , шт	Число потребителей ТП 10/0,4 кВ, $n_{mn}$ , шт.	Суммарная установленная мощность ТП 10/0,4 кВ $S_{\Sigma mn}$ , МВ·А	Частота появления
1	2,11	2	3	0,92	0,155
3	7,11	5	7	1,31	0,227
5	18,98	8	12	1,87	0,113
7	28,26	12	19	2,89	0,154

В табл. 2 представлены результаты расчетов отклонения напряжения в моделях. Для каждой модели были рассчитаны отклонения напряжения при коэффициентах нагрузки от 1,0 до 0,35 с интервалом 0,05. А затем произведена оценка отклонения напряжения. В табл. 2 приведена только часть расчетов. Светлым серым цветом в таблице отмечены отклонения напряжения в наиболее удаленной точке линии,  $k_n$  – коэффициент нагрузки.

Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 13109-97 по показателю качества напряжения «установившееся отклонение напряжения», установлено два вида норм: нормально допустимые и предельно допустимые. Они равны, соответственно,  $\pm 5\%$  и  $\pm 10\%$ . Как видно из табл. 2, только модели 1-3 в самых удаленных точках при коэффициенте нагрузки, равным 1,0, удовлетворяют нормально допустимым нормам отклонения напряжения. Пятая модель удовлетворяет требованиям ГОСТ по нормально допустимым нормам при коэффициенте нагрузки, равным 0,55; седьмая модель – при 0,29. Предельно допустимым нормам при коэффициенте нагрузки, равным 1,0, удовлетворяют все модели, кроме седьмой, а седьмая модель удовлетворяет требованиям ГОСТ по предельно допустимым нормам при коэффициенте нагрузки, равным 0,58.

В то же время реальная загрузка линий электропередачи согласно данным диспетчерской службы РУП «Гомельэнерго» на 19 декабря 2001 года составляет 0,1-0,3. В некоторых линиях, относящихся к 1-3 моделям, загрузка составляет 0,4-0,5. Так, для линии № 1801 Добрушского РЭС, ПС Носовичи с протяженностью 30 км и суммарной установленной мощностью подстанций 3731 кВА (относится к седьмой модели), нагрузка составляет 79,2 А, что соответствует коэффициенту нагрузки, равному 0,21.

На рис. 1 показаны суточные графики отклонения напряжения 5 модели в летний и зимний периоды, построенные по типовым суточным графикам нагрузки [4]. Для остальных моделей суточные графики будут выглядеть также, только будет изменяться величина потерь напряжения. Анализируя графики, можно увидеть в какие часы суток и при каком коэффициенте нагрузки  $k_n$  уровень отклонения напряжения будет соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97.

Таблица 2

## Распределение отклонения напряжения по узлам моделей

1 модель																				
Номер узла		1	2	3	3-П2	3-П3														
k <sub>н</sub>	1,0	δU, %	0,34	0,50	0,71	<b>0,78</b>	0,73													
	0,8		0,27	0,40	0,57	<b>0,62</b>	0,59													
	0,6		0,20	0,30	0,43	<b>0,47</b>	0,44													
	0,5		0,17	0,25	0,35	<b>0,39</b>	0,37													
	0,4		0,13	0,20	0,28	<b>0,31</b>	0,29													
	0,35		0,12	0,18	0,25	<b>0,27</b>	0,26													
3 модель																				
Номер узла		1	2	3	4	4-П5	5	6	6-П3	6-П4	7	7-П6	7-П7							
k <sub>н</sub>	1,0	δU, %	1,22	1,91	2,15	2,29	2,33	2,49	2,19	2,23	2,27	2,62	2,85	<b>3,08</b>						
	0,8		0,98	1,53	1,72	1,84	1,86	1,99	1,75	1,78	1,82	2,10	2,28	<b>2,46</b>						
	0,6		0,73	1,15	1,29	1,38	1,40	1,50	1,31	1,34	1,36	1,57	1,71	<b>1,85</b>						
	0,5		0,61	0,96	1,07	1,15	1,17	1,25	1,10	1,11	1,14	1,31	1,42	<b>1,54</b>						
	0,4		0,49	0,76	0,86	0,92	0,93	1,00	0,88	0,89	0,91	1,05	1,14	<b>1,23</b>						
	0,35		0,43	0,67	0,75	0,80	0,82	0,87	0,77	0,78	0,80	0,92	1,00	<b>1,08</b>						
5 модель																				
Номер узла		1	2	3	4	5	6	6-П9	7	8	8-П11	9	10	10-П4	10-П5	11	11-П6	12	12-П7	
k <sub>н</sub>	1,0	δU, %	3,37	4,73	6,55	8,16	8,57	8,98	9,05	9,16	9,37	9,50	<b>9,67</b>	8,30	8,32	8,39	8,74	8,85	8,87	8,99
	0,8		2,69	3,78	5,24	6,52	6,85	7,18	7,24	7,33	7,50	7,60	<b>7,74</b>	6,64	6,66	6,72	7,00	7,08	7,10	7,19
	0,6		2,02	2,84	3,93	4,89	5,14	5,39	5,43	5,50	5,62	5,70	<b>5,80</b>	4,98	4,99	5,04	5,25	5,31	5,32	5,39
	0,5		1,68	2,36	3,27	4,08	4,28	4,49	4,53	4,58	4,69	4,75	<b>4,83</b>	4,15	4,16	4,20	4,37	4,43	4,44	4,50
	0,4		1,35	1,89	2,62	3,26	3,43	3,59	3,62	3,66	3,75	3,80	<b>3,87</b>	3,32	3,33	3,36	3,50	3,54	3,55	3,60
	0,35		1,18	1,65	2,29	2,85	3,00	3,14	3,17	3,21	3,28	3,32	<b>3,38</b>	2,91	2,91	2,94	3,06	3,10	3,10	3,15
7 модель																				
Номер узла		1	2	3	4	5	6	7	8	8-П12	9	10	11	12	13	13-П19	14			
k <sub>н</sub>	1,0	δU, %	2,84	6,29	8,29	9,81	11,84	12,86	13,73	14,74	14,79	15,26	15,89	16,84	16,89	16,93	17,03	13,42		
	0,8		2,27	5,03	6,63	7,85	9,47	10,29	10,99	11,79	11,83	12,21	12,71	13,48	13,51	13,54	13,62	10,73		
	0,6		1,70	3,78	4,98	5,89	7,11	7,71	8,24	8,84	8,87	9,16	9,53	10,11	10,13	10,16	10,22	8,05		
	0,5		1,42	3,15	4,15	4,90	5,92	6,43	6,87	7,37	7,39	7,63	7,95	8,42	8,44	8,47	8,51	6,71		
	0,4		1,14	2,52	3,32	3,92	4,74	5,14	5,49	5,89	5,91	6,10	6,36	6,74	6,76	6,77	6,81	5,37		
	0,35		0,99	2,20	2,90	3,43	4,14	4,50	4,81	5,16	5,18	5,34	5,56	5,90	5,91	5,93	5,96	4,70		
Номер узла		14-П6	15	15-П7	15-П8	16	16-П9	17	17-П10	17-П11	18	18-П14	18-П15	19	19-П16	19-П17				
k <sub>н</sub>	1,0	δU, %	13,57	13,52	13,64	13,56	13,86	13,90	13,90	13,93	13,92	15,94	16,06	16,00	16,91	<b>17,11</b>	16,95			
	0,8		10,85	10,82	10,91	10,85	11,08	11,12	11,12	11,14	11,13	12,76	12,85	12,80	13,52	<b>13,69</b>	13,56			
	0,6		8,14	8,11	8,18	8,14	8,31	8,34	8,34	8,36	8,35	9,57	9,64	9,60	10,14	<b>10,27</b>	10,17			
	0,5		6,78	6,76	6,82	6,78	6,93	6,95	6,95	6,97	6,96	7,97	8,03	8,00	8,45	<b>8,56</b>	8,48			
	0,4		5,43	5,41	5,46	5,43	5,54	5,56	5,56	5,57	5,57	6,38	6,42	6,40	6,76	<b>6,85</b>	6,78			
	0,35		4,75	4,73	4,77	4,75	4,85	4,86	4,86	4,88	4,87	5,58	5,62	5,60	5,92	<b>5,99</b>	5,93			

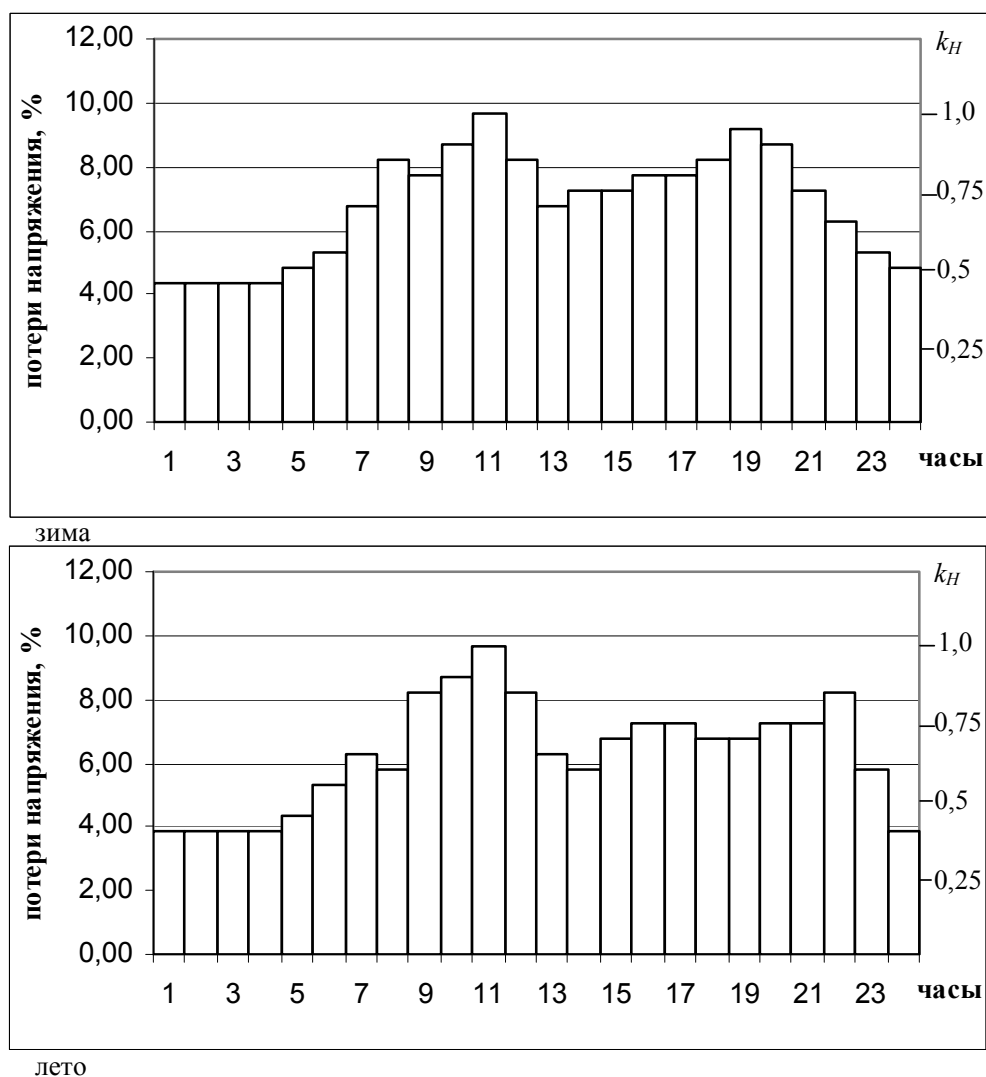


Рис. 1. Суточные графики потерь напряжения 5 модели при преобладании производственной нагрузки

Таким образом, можно сделать вывод, что при существующей реальной нагрузке ВЛ 6-10 кВ уровень напряжения будет соответствовать требованиям ГОСТ. Но при возможном дальнейшем росте нагрузки отклонение напряжения будет возрастать и выйдет за пределы требуемых норм качества электроэнергии.

### Литература

1. Сырых Н.Н. Эксплуатация сельских электроустановок. – М.: Агропромиздат, 1986.
2. Куценко Г.Ф., Парфёнов А.А. Исследование основных характеристик ВЛ 6-10 кВ сельскохозяйственного назначения //Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – Гомель: Учреждение образования «ГГТУ им. П.О. Сухого». – 2001. – № 2. – С. 28-32.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – С. 106-110.
4. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. – М.: Сельэнергопроект, 1985. – № 11.

Получено 21.03.2002 г.