

Оптимальная продолжительность испытаний кабельных линий электропередачи (T) должна быть дифференцирована в зависимости от их продолжительности, марки кабеля, номинального напряжения и места данной линии в схеме сети. На основе минимизации целевой функции, включающей в себя ежегодные расходы на проведение испытаний, затраты на вероятные капитальные (при неуспешном испытании) и аварийные (при отказе кабельной линии под рабочим напряжением) ремонты, а также вероятный недоотпуск электроэнергии потребителям, выражение для определения оптимальной продолжительности испытаний имеет вид:

$$T^2 e^{-\lambda_0 l T} = \frac{A}{\ell}, \quad (1)$$

где λ_0 – параметр потока отказов кабельной линии с кабелем данной марки, отказ/км год;

l – длина линии, км;

A – постоянная.

Расчеты, выполненные по выражению (1), показали, что ежегодным испытаниям должны подвергаться питающие кабельные линии протяженностью, как правило, 4 – 5 километров.

Периодичность испытаний кабельных линий меньшей длины превышает один год. При длине кабельных линий до 0,1 км, периодичность их испытаний превышает номинальный срок их службы.

О РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РАЙОНА НЕФТЕДОБЫЧИ

В.В. Прокопчик, Ю.Д. Головач, О.М. Головач

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

Электроснабжение нефтепромысловых объектов районов нефтедобычи Беларуси осуществляется от подстанций (35-110)/(6-10) кВ энергосистемы. Распределительные электрические сети имеют значительную протяженность и питают большое количество подстанций (6-10)/0,4 кВ. Основная масса потребителей нефтедобычи – двигатели станков-качалок (СКН) и установки погружных центробежных насосов (ЭЦН) – получают питание от установленных на скважинах КТП (6-10)/0,4 кВ. Все узлы электрической сети 6-10 кВ распределены на большой территории. Их питание осуществляется по более чем 80 распределительным линиям.

Оценку режимов, уровней и структуры потерь электроэнергии в электрических сетях производили на основе выборочного анализа объектов и сетей. В качестве фрагмента системы электроснабжения, характерного для обеспечения технологических процессов механизированной добычи нефти и системы поддержания пластового давления, выбрана схема электрической сети напряжением 6 кВ, питающаяся от ПС 35 / 6 кВ с двумя трансформаторами без резервирования по стороне низкого напряжения. От них запитывается 8 распределительных линий по 6 кВ, которые выполнены воздушными, за исключением одной кабельной линии к блочной кустовой насосной станции (БКНС). Основные потребители – электродвигатели механизированной добычи нефти (9 ЭЦН, 45 СКН), а также закачки воды в пласт (БКНС с высоковольтными электродвигателями 1250 кВт). Количественные показатели отдельных линий и всего фрагмента сети приведены в таблице.

Параметр	Един. измер.	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	Всего
$L\Sigma$ ВЛ	км	3,81	4,98	17,92	17,94	52,31
$S\Sigma$ тр	кВА	463	1110	1544	755	5440
Число тр-ов		5	9	21	10	57
$U_{ср}$	кВ	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
W_a	МВт*ч	73,8	144,0	94,8	31,2	523,2
W_p	Мвар*ч	106,2	127,2	208,8	115,2	841,8
$tg\phi$		1,439	0,883	2,203	3,692	1,609
$P_{ср}$	кВт	99,19	193,55	127,39	41,94	703,2
$Q_{ср}$	квар	142,74	170,97	280,65	154,84	1131,5
T	час	744	744	744	744	744
K_f		1,41	1,43	1,49	1,73	1,44
ΔW_{xx} тр	МВт*ч	1,44	3,28	5,43	2,59	16,56
	%	1,95	2,28	5,73	8,31	3,17
$\Delta W_{нагр}$ тр	МВт*ч	1,86	1,55	1,97	1,47	10,53
	%	2,52	1,07	2,08	4,71	2,01
ΔW_{Σ} тр	МВт*ч	3,30	4,83	7,40	4,06	27,09
	%	4,47	3,35	7,81	13,01	5,18
ΔW лэп	МВт*ч	0,30	0,91	7,64	1,37	11,75
	%	0,41	0,63	8,06	4,39	2,25
Всего ΔW	МВт*ч	3,60	5,74	15,04	5,43	38,85
	%	4,88	3,99	15,86	17,40	7,43

В качестве расчетного принят режим средних нагрузок за один из месяцев зимнего максимума нагрузок. Коэффициенты K_f формы графиков нагрузок определены на основе контрольных замеров. Краткий анализ результатов расчета позволяет отметить следующее:

- распределительная сеть 6 кВ загружена незначительно. Именно этим объясняется относительно высокий удельный вес постоянной составляющей потерь (холостой ход трансформаторов) – более 42 %. Несмотря на значительную удаленность узлов потребления от центра питания – до 18 км, – проблемы с обеспечением качества напряжения отсутствуют;
- особенностью режимов является передача значительных потоков реактивной мощности (см. таблицу), которые вызывают наиболее весомую долю потерь электроэнергии – до 44 %, что говорит о неудовлетворительном положении с компенсацией реактивной мощности;
- в целом потери электроэнергии в электрической сети являются весомой составляющей электробаланса: более 7 % энергии, передаваемой потребителям мехдобычи нефти, безвозвратно теряется при передаче, а в отдельных линиях потери превышают 17 %.

Для изучения режимных свойств выполнена серия экспериментальных замеров на отдельных электроустановках механизированной добычи нефти. Целью являлось исследование характеристик электродвигателей ЭЦН и СКН в типовых эксплуатационных режимах, а также в условиях регулирования напряжения. Средством измерения являлся специальный портативный измерительный комплект G-4008.

На рис. 1 приведены графики нагрузки, характерные для работы электропривода станка-качалки и погружного центробежного насоса, полученные измерениями в натуральных условиях.

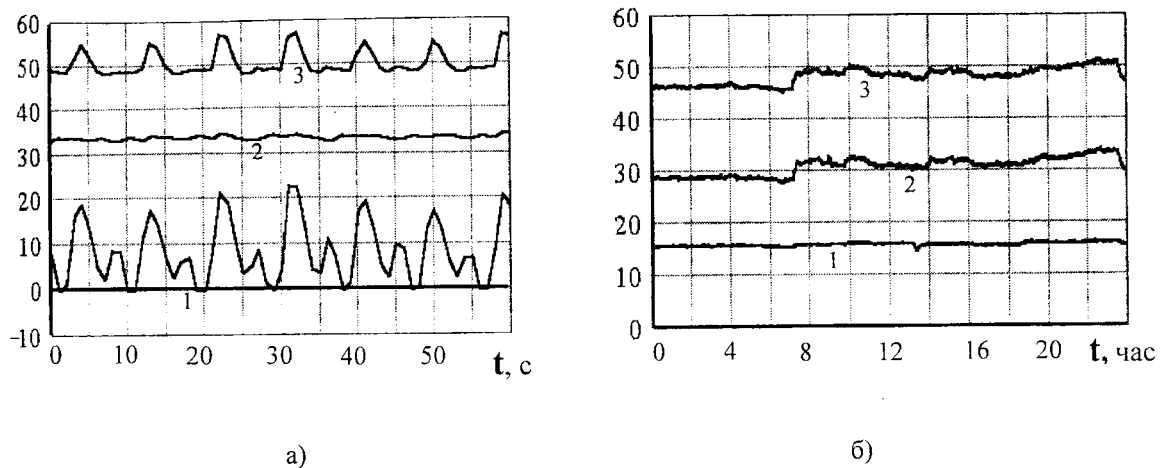


Рис. 1. Графики нагрузки электродвигателей нефтедобычи: а) СКН, АД-50 кВт; б) ЭЦН, ПЭД-32 кВт; 1 – P, кВт; 2 – Q, квар; 3 – I, А

В то время, как нагрузка ЭЦН имеет постоянный характер в течение суток, момент двигателя станка-качалки периодически меняется. Для последнего характерно периодическое чередование нагрузок, повторяющихся 10-12 раз в минуту. Коэффициент формы кривой нагрузки двигателя СКН зависит от параметров скважинной насосной установки, степени механического уравнивания и в большинстве случаев находится в пределах от 1,2 до 3.

Несмотря на пульсирующий характер нагрузки электродвигателей большинства установок нефтедобычи, нагрузка промышленных трансформаторных пунктов вследствие непрерывности технологического процесса добычи нефти характеризуется значительным числом часов использования максимума и при большом числе установок достаточно равномерна. Коэффициент формы графика нагрузки для головных участков распределительных линий находится в диапазоне 1,26 – 1,73, а для центров питания – 1,36 – 1,44.

Несмотря на большую работу, проделанную в области совершенствования техники и технологии насосной добычи нефти, энергетические показатели современных скважинных насосных установок продолжают оставаться весьма низкими. Большинство рассматриваемых электроустановок работает в режимах, отличающихся от оптимальных. Так, экспериментально подтверждено, что естественный коэффициент мощности электродвигателей нефтедобычи составляет 0,4 – 0,9, а фактический КПД установок – 0,170 – 0,425. В ряде случаев агрегаты потребляют до 5 квар на один кВт активной мощности нагрузки.

Специфический характер нагрузки электродвигателей скважинных насосных установок оказывает существенное влияние как на энергетические показатели электропривода, так и на экономичность работы электрических сетей.

В качестве первоочередного мероприятия по улучшению режимов предложено внедрение установок индивидуальной компенсации реактивной мощности асинхронных электродвигателей. На примере рассмотренной системы электроснабжения показано, что резервы снижения потерь электроэнергии в электрической сети за счет

компенсации реактивной мощности только электропривода СКН находятся в пределах 25 – 35 %, что составляет 2,4 – 2,8 % от потребления.

Срок окупаемости затрат, связанных с установкой низковольтных батарей конденсаторов, оказывается меньше одного года. При решении этого вопроса дополнительной проработки требует задача оптимального распределения мощности конденсаторов между сетями 6 и 0,4 кВ с учетом распределительной сети 6 кВ и токораспределения в ней.

Значительные резервы экономии электроэнергии в нефтедобывающем электрооборудовании содержатся в регулировании и поддержании оптимального режима напряжения в сетях 6 и 0,4 кВ. Проведенные экспериментальные исследования показали, что путем регулирования напряжения электропотребление агрегатов механизированной добычи нефти может быть уменьшено на 4 – 5 % по сравнению с существующим уровнем без ухудшения показателей работы электропривода.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ

Г.Ф. Куценко, А.А. Парфёнов

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

Для разработки мероприятий повышения надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения, для оценки существующего уровня надежности их электроснабжения, для решения многих других задач необходимо знать параметры распределительных электрических сетей с целью построения моделей электрических сетей.

Для построения моделей распределительных сетей нами было исследовано 200 линий электропередачи Гомельских электросетей. Из них было выбрано 7 наиболее часто встречающихся линий с подобными параметрами и по ним построены модели ВЛ 6-10 кВ. В таблице 1 приведены параметры этих линий, а на рис. 1 представлены схемы линий.

Таблица 1

Параметры линий 6-10 кВ

№ модели	Суммарная длина линии, L_{10} , км	Общее число ответвлений, n_0 , шт	Число потре- бителей ТП 10/0,4 кВ, $n_{ТП}$, шт.	Суммарная установленная мощность ТП 10/0,4 кВ $S_{\Sigma TP}$, МВ·А	Частота появления
1	2,11	2	3	0,92	0,155
2	3,61	3	4	0,56	0,103
3	7,11	5	7	1,31	0,227
4	9,68	4	8	1,68	0,155
5	18,98	8	12	1,87	0,113
6	20,88	8	11	1,83	0,093
7	28,26	12	19	2,89	0,154