

ВОПРОСЫ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРНЫМ УЧАСТКОМ КАЛИЙНОГО РУДНИКА

Современный калийный рудник представляет собой высокомеханизованное горное предприятие по добыче калийной руды. Мощность, которая необходима для питания асинхронного электропривода добычных машин, должна передаваться на расстоянии до 10 км от центра питания при напряжении 6 кВ и коэффициенте мощности $\cos\varphi = 0,5-0,7$. Элементы системы электроснабжения монтируются в подземных выработках, а режим работы системы электроснабжения определяется технологическим процессом добычи полезного ископаемого. Горные машины являются передвижными и получают питание от общей системы электроснабжения рудника, которая получает свое развитие в соответствии с развитием горных работ.

Высокая эффективность и качество электроснабжения горных машин призваны обеспечить соответствующую производительность добычи сильвинита и выполнение Продовольственной программы. Однако пропускная способность действующих линий напряжением 6 кВ недостаточна для передачи существующих мощностей и на зажимах электроприемников не всегда поддерживается необходимое качество напряжения.

Для повышения эффективности работы системы электроснабжения рудников проводятся исследования по внедрению напряжения 10 кВ (вместо существующего 6 кВ) и выбору оптимальных устройств поперечной компенсации. Проведение научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок новой техники должно базироваться на достоверной информации о режимах потребления активной и реактивной мощностей горными участками калийного рудника. Сегодня имеется весьма ограниченное число работ по замерам графиков нагрузки горных участков калийного рудника, а после перехода с четырехсменного режима работы на трехсменный такие измерения и вовсе не производились. Целью настоящей работы и было ликвидирование в какой-то степени имеющегося дефицита режимной информации.

В качестве объекта исследования был выбран горный участок на втором горизонте 4РУ ПО "Беларуськалий", где распространена прогрессивная столбовая система разработки с обрушением кровли и выемкой руды в лавах узкозахватными очистными комбайнами. Лава на горном участке спаренная. В состав обследуемой нагрузки входили два гидромеханизованных комплекса КШ-3М и ленточный конвейерный транспорт. Состав электрооборудования горного участка приведен в табл. 1. Суммарная установленная активная мощность электроприемников лавы без резерва $P_{н.л}$ составляла 1176 кВт, ленточных конвейеров $P_{н.к} = 1188$ кВт, а всего участка $P_{н} = 2364$ кВт. Соответствующая реактивная мощность при номинальном $\cos\alpha$ составляла для лавы $Q_{н.л} = 640,7$ квар, для ленточных конвейеров $Q_{н.к} = 736$, а для всего участка $Q_{н} = 1376,7$ квар. Установленное оборудование получало питание от четырех передвижных подстанций типа ТСШВП-630/6 и от двух подстанций ТСШВП-320/6.

Таблица 1

Наименование объекта	Число установленных двигателей	Тип двигателя	Мощность двигателя P_n , кВт	Суммарная мощность		Номинальный коэффициент мощности $\cos \varphi_n$
				активная $P_{\Sigma n}$, кВт	реактивная $Q_{\Sigma n}$, квар	
Узкозахватный комбайн КШЗМ	2 2 4	1ЭДКО-5Р	145	580	315,2	0,88
Лавный конвейер КМ-81-02Б	3	ЭДКОФ4-55	55	165	93,6	0,87
Скребокый конвейер СП-87П	3	ЭДКОФ53-4	110	330	179,3	0,88
Насосная установка	2 2 4	ВАОФ62-4У5	17	68	34,9	0,89
СНУ-5	1 2 2	ВАО-51-8	4	8	4,5	0,87
Лебедка ЛПК-10	1	ВАО-62-4	17	17	8,2	0,90
Пусковой агрегат АП-4	2	—	4	8	5,0	0,85
Ленточный конвейерный транспорт КЛЗ-600	9	ВАО2-315М8	132	1183	736,6	0,85

Прогрессивными высокоточными приборами для измерения электрической энергии как за рубежом [1], так и у нас в стране [2] считаются электронные счетчики. Измерения осуществлялись с помощью переносного устройства, смонтированного на базе электронного счетчика активной и реактивной электроэнергии типа Ф441 класса точности 0,5 по активной энергии и 1,0 – по реактивной. Измерительная установка располагалась в непосредственной близости от вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения. Показания счетчика и вольтметра фиксировались через каждые 30 мин. Измерения производились на протяжении характерных семи загруженных рабочих смен в конце октября 1984 г. Продолжительность измерений, а также шаг дискретности определялись с помощью аппарата теории случайных функций и на основании действующих норм [3].

Средняя нагрузка группы приемников электроэнергии дает возможность приблизительно оценить нижний предел возможных значений расчетной нагрузки [4]. В условиях эксплуатации средние активная P_c и реактивная Q_c нагрузки за смену определялись по формулам:

$$P_c = (\Delta \mathcal{E}_a / T) \cdot K_{ТТ} K_{ТН}, \quad (1)$$

$$Q_c = (\Delta \mathcal{E}_p / T) \cdot K_{ТТ} K_{ТН}, \quad (2)$$

где $\Delta \mathcal{E}_a$, $\Delta \mathcal{E}_p$ – потребление активной и реактивной электроэнергии горным участком на протяжении рабочей смены; T – длительность рабочей смены; $K_{ТТ}$, $K_{ТН}$ – соответственно коэффициенты трансформации тока и напряжения измерительных трансформаторов.

По результатам измерений с применением формул (1) и (2) были вычислены средняя активная $P_c = 702$ кВт и средняя реактивная $Q_c = 750$ квар нагрузки. Коэффициенты использования по активной мощности $K_{и.р} = P_c / P_{н}$ составили 0,30 и реактивной $K_{и.р} = Q_c / Q_{н}$ составили 0,53.

Коэффициент формы графика нагрузки по активной мощности определяется по показаниям счетчика Ф-441 и вычисляется по формуле [4]

$$K_{\Phi} = \sqrt{m} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\Delta \mathcal{E}_{ai})^2}}{\mathcal{E}_a}, \quad (3)$$

где \mathcal{E}_a – расход активной электроэнергии за характерную рабочую смену продолжительностью T ; $\Delta \mathcal{E}_{ai}$ – расход активной электроэнергии за время $\Delta T = T/m$; m – число равных интервалов, на которое разбит график нагрузки, снятый за период времени T .

Коэффициент формы графика численно равен $K_{\Phi} = 1,23$. Подставив в формулу (3) соответствующие значения, определяли коэффициент формы графика и по реактивной электроэнергии $K_{\Phi,р} = 1,21$. Полученные значения говорят о существенной неравномерности потребления электроэнергии, так как K_{Φ} свое наименьшее значение, равное 1,0, принимает при неизменной во времени нагрузке. При анализе режимов электропотребления были выявлены значения расчетной активной $P_p = 1604$ кВт и реактивной $Q_p = 1336$ квар нагрузок и определены коэффициенты максимума активной $K_M = P_p / P_c = 2,23$

и реактивной $K_{M,P} = Q_P/Q_C = 1,84$ нагрузок, а также коэффициенты заполнения для активной $K_3 = 1/K_M = 0,45$ и реактивной $K_{3,P} = 0,54$ мощностей.

На основании Инструкции по проектированию электроснабжения промышленных предприятий (СН 174-75) электрические нагрузки электроприемников с переменным режимом электропотребления рекомендуется производить по методу коэффициентов использования и максимума. До установления значений расчетных коэффициентов использования и максимума в соответствии с Инструкцией по проектированию электроустановок угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик (ВСН 12.25.003-80) допускает расчет электрических нагрузок для горных участков производить по методу коэффициента спроса [4]. Численное значение коэффициента спроса, полученное экспериментально для активной мощности $K_C = K_i K_M$, равняется 0,67, а для реактивной $K_{C,P} = 0,99$. Значение $K_{C,P}$, близкое к 1, говорит о повышенном потреблении горным участком реактивной мощности.

Расход активной электроэнергии \mathcal{E}_a за смену составил 5616 кВт·ч, а реактивной $\mathcal{E}_p = 5808$ квар·ч. Время использования максимальной активной нагрузки T_M за смену равнялось 3,5 ч, а реактивной $T_{M,P} = 4,35$ ч. Среднее значение коэффициента мощности $\cos\varphi_c = P_c/S_c$, найденное по результатам измерений, равно 0,69 и значительно меньше среднего паспортного значения $\cos\alpha_{c,п}$, составляющего 0,86.

Проведенная работа позволяет сделать ряд выводов.

1. В производственных условиях калийного рудника 4РУ ПО "Беларуськалий" экспериментально определены режимы электропотребления активной и реактивной мощностей. По результатам измерений рассчитаны основные показатели и коэффициенты, определяющие графики нагрузки характерного горного участка, которые могут применяться в практике проектирования.

2. Значения коэффициента спроса по реактивной мощности и коэффициент мощности говорят о повышенном потреблении горным участком реактивной мощности.

3. Анализ графиков нагрузки показал, что фактически используется 32 % трансформаторных мощностей, установленных для питания потребителей горного участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sangamo to mass produce electronic meters // Electrical Review. 1984. Vol. 214, No 11, 23 March. — P. 10.
2. Зыкин Ф.А., Каханович В.С. Измерение и учет электрической энергии. — М.: Энергоиздат, 1982. — 104 с.
3. Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках // Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. — 1968. — № 6. — С. 3—17.
4. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под ред. А.А.Федорова и Г.В.Сербиновского. — М., 1980. — 576 с.