

тверждается характерный низкий уровень электропотребления в ремонтную смену, вызванный отсутствием транспортируемого угля из-за перерыва в ведении добычных работ.

2. Режимы работы подъемных установок с системами регулируемого электропривода на базе тиристорных преобразователей характеризуются низкими значениями коэффициента мощности – потребление реактивной мощности и энергии на суточном интервале значительно больше активной. Установлены фактические средние значения коэффициента мощности для суточных графиков электрических нагрузок подъемов: угольных – 0,3 – 0,55 (меньшие значения относятся к ДПТ, большие – к АД), породных и людских на базе ДПТ – 0,2.

### Список литературы

1. ДСТУ 3224–95. Енергозбереження. Методи визначення норм витрачання електроенергії гірничими підприємствами. – Введ. 1997-07-01. – К.: Держстандарт України, 1996. – 55 с.
2. Автоматизований електропривід машин та установок шахт і рудників: навч. посіб. / К.М. Маренич, Ю.В. Товстик, В.В. Турупалов та ін. – Донецьк: ДВНЗ "ДонНТУ", 2012. – 245 с.

*Рекомендовано до друку проф. Разумним Ю.Т.*

УДК 622.272:621.3.026.4

*Д.О. Кошевой*

*(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ "Национальный горный университет")*

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК СТАЦИОНАРНЫХ УСТАНОВОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

**Введение и постановка задачи.** Электрические нагрузки являются исходными данными для решения сложного комплекса технических и экономических вопросов, возникающих при проектировании систем электроснабжения шахт. Выполненный анализ большого объема статистического материала по фактическим нагрузкам угольных шахт и, в частности, основных энергоемких потребителей подтверждает необходимость и важность определения величины расчетных нагрузок как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации шахты. Это объясняется тем, что от выбранного метода расчета электрических нагрузок и от корректно полученных результатов будут зависеть величины как капитальных, так и эксплуатационных затрат.

Методам определения электрических нагрузок промышленных предприятий и анализу их графиков посвящено большое количество работ [1–13], в том числе и для угольных шахт [6–11], в которых отражены не только теоретические, но и практические результаты по данному направлению. Помимо этого также разработаны и нормативные документы, определяющие методы и сам порядок расчета электрических нагрузок [13–15]. К фундаментальным, например, можно отнести работы Г.М. Каялова, В.И. Гордева, Ю.А. Фокина, Е.М. Куренного [1–4].

При определении электрических нагрузок угольной шахты важно знать, какие электроприемники более всего влияют на суммарную потребляемую мощность, после чего выбирают необходимый метод, на основании которого и выполняется расчет. Анализируя в процентном соотношении потребление мощности по угольной шахте, прослеживается следующее [12]:

- электроприемники до 1000 В, к которым можно отнести подземное и поверхностное освещение, магистральный конвейерный транспорт, очистные и подготовительные забои, котельную, склады и вспомогательные цеха, суммарно потребляют около 30–35 % мощности от общей по шахте;

- электроприемники свыше 1000 В, которые включают вентилятор главного проветривания, угольные, грузо-людские и породные подъемы, водоотлив и компрессоры, т.е. стационарные установки, в среднем потребляют 65–70% мощности.

Поэтому наибольшее влияние на суммарную нагрузку оказывают стационарные установки напряжением свыше 1000 В. Благодаря их использованию в качестве потребителей-регуляторов (П–Р) могут выполняться мероприятия по регулированию режимов электропотребления (РРЭ), которые основаны на смещении рабочих циклов стационарных установок во времени, а также дополнительное подключение электроприемников, например двигателей насосов главного водоотлива. Анализ режимов работы П–Р при наличии информации об их электрических нагрузках позволяет выполнить моделирование графиков электрических нагрузок (ГЭН), использование которых может существенно повысить эффективность выполнения мероприятий по РРЭ. В связи с этим возникает необходимость в достоверности метода для определения потребляемой мощности стационарных установок как при расчете индивидуальных электроприемников, так и на уровне их обобщения. Однако, несмотря на значительное количество работ, касающихся изучения

электрических нагрузок для угольных шахт, ни один из них не доказал своей приоритетности относительно расчета нагрузок электроприемников угольных шахт напряжением свыше 1000 В.

**Цель статьи** – анализ существующих методов определения электрических нагрузок и обоснование применения метода технологического графика, как приоритетного для стационарных установок угольных шахт.

**Изложение основного материала.** Для электроприемников предприятий угледобывающей промышленности, в частности, стационарных установок, в зависимости от режимов их работы и особенностей производства могут быть использованы следующие методы определения расчета электрических нагрузок.

*Метод коэффициента спроса.* Расчетная электрическая нагрузка  $P_p$  определяется по следующему выражению [3]:

$$P_p = K_c P_{ном}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $K_c$  – коэффициент спроса по активной мощности, принимается по справочнику;  $P_{ном}$  – номинальная мощность одиночного электроприемника или группы, кВт.

В рассматриваемом методе коэффициент спроса представляется постоянной величиной, зависящей от рода потребителей, но не учитывающей число электроприемников, входящих в группу. Этот метод на современном уровне знаний не может быть рекомендован, но все же из-за своей простоты до сих пор используется. Основное его применение – расчет электрических нагрузок электроприемников напряжением до 1000 В.

*Расчет нагрузок по технологическим данным.* Этот метод применяется для электроприемников, имеющих неизменные или малоизменяющиеся графики индивидуальной и, следовательно, групповой нагрузок. Расчетная потребляемая мощность в таком случае принимается равной средней за наиболее загруженную смену. К таким электроприемникам относятся электроприводы насосов, компрессоров, вентиляторов и т.д. Для таких технологических установок расчетную нагрузку, совпадающую со средней, рекомендуется определять по удельному расходу электроэнергии [10] т.е. как:

$$P_p = \frac{M_{см} \mathcal{E}_{а.у.}}{T_{см}}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где  $M_{см}$  – количество продукции, выпускаемой за смену (производительность установки за смену);  $\mathcal{E}_{а.у.}$  – удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч;  $T_{см}$  – продолжительность наиболее загруженной смены, ч.

Основным недостатком данного метода является то, что для агрегатов большой мощности усредненные опытно-статистические значения  $\mathcal{E}_{а.у.}$  могут приводить к значительной ошибке при определении величины нагрузки. Из-за того, что стационарные установки задействованы в выполнении других технологических процессах, то определение величины  $M_{см}$  затруднено, а поэтому, применение данного метода представляется нецелесообразным.

Основой следующего метода нагрузок является расчета *число часов использования максимума нагрузки и расхода электроэнергии.*

Расчетный максимум согласно работе [9] определяется по формуле:

$$P_p = \frac{W_m}{T_m}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где  $T_m$  – годовое число часов использования максимума активной нагрузки, ч (принимают на основе опытных данных для предприятий аналогичного типа по технологии организации работ);  $W_m$  – годовой расход электроэнергии по предприятию, кВт·ч.

Число часов использования максимума рекомендуется принимать по справочнику и только для всей шахты, поскольку для отдельных стационарных установок его сложно выбрать из-за особенностей конкретного технологического процесса и режимов работы оборудования. Поэтому метод рекомендуется только для ориентировочных расчетов общей электрической нагрузки по шахте.

Руководящими указаниями по определению электрических нагрузок [16] предлагается для электроприемников напряжением выше 1 кВ расчет мощности выполнять по технологическим графикам. На практике же для определения электрических нагрузок используется метод коэффициента спроса. Применяемые коэффициенты варьируются в диапазоне значений от 0,3 до 0,8 – 0,85. Рекомендации по выбору величины коэффициента отсутствуют, к тому же, данный коэффициент не учитывает вид технологического оборудования, его режим работы, технические и технологические параметры и др. Кроме того, используемые в расчетах коэффициенты уже устарели и не пересматривались на протяжении многих лет.

Указанные недостатки учитывает *метод технологического графика*. Данный метод применим для предприятий с ритмичным циклом производства, в которых графики работы периодичны, причем длительность индивидуального и группового циклов одинаковы. В этом случае графики нагрузки будут определяться на основе анализа последовательности технологических операций и расчетных нагрузок каждого электроприемника. В случае, если все электроприемники группы связаны единым технологическим процессом и нагрузки за цикл каждого могут быть рассчитаны, то строится общий ГЭН, получаемый путем наложения и суммирования индивидуальных графиков, на основе которых и определяется непосредственно величина расчетной потребляемой мощности.

Так, для определения нагрузок стационарных установок необходимо знать основные параметры, согласно которым изменяется технологический график установки и, как следствие, расчетная нагрузка. Для подъемных установок расчетная мощность  $P_p$  зависит от массы поднимаемого груза (грузоподъемности скипа)  $Q$  и от высоты подъема  $H$ , для вентиляторной установки – от количества подаваемого воздуха в шахту  $Q_v$  и создаваемого установкой давления  $H_v$ , для водоотливной установки – от расчетной производительности насоса  $Q_{p.n.}$  и напора рабочего режима  $H_{p.n.}$ .

Применение данного метода ограничено из-за его невысокой точности при использовании имеющихся зависимостей в существующем виде. Для получения точного значения нагрузки необходимо составить технологический график работы электроприемника и знать эмпирическую формулу, на основе которой будет получено значение расчетной нагрузки в пределах допустимой погрешности. Несмотря на этот недостаток, метод выглядит приоритетнее ранее рассмотренных, однако для широкого использования его необходимо доработать.

**Вывод.** Расчетную нагрузку стационарных установок следует определять на основании индивидуальных технологических графиков, которые могут быть получены путем анализа режимов работы стационарных установок. Этот метод позволяет учесть недостатки ранее рассмотренных в части адекватности, а также учета всех технических и технологических особенностей установок, для которых выполняется расчет нагрузки. В основе метода заложен принцип, что первичным является технологический процесс, а вторичным – режим электропотребления.

Применение рассмотренного метода позволит использовать его как один из элементов комплекса мероприятий по регулированию режимов электропотребления с помощью моделирования графиков электрических нагрузок для стационарных установок, которые и являются потребителями-регуляторами на шахте (за исключением вентилятора главного проветривания).

### Список литературы

1. Гордеев И.В. Регулирование максимума нагрузки промышленных сетей [Текст] / И.В. Гордеев. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.
2. Электрические нагрузки промышленных предприятий [Текст] / С.Д. Волобринский, Г.М. Каялов, П.Н. Клейн, Б.С. Мешель. – Л. : Энергия, 1971. – 264 с.
3. Волобринский С.Д. Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий [Текст] / С.Д. Волобринский. – Л. : Энергия, 1976. – 128 с.
4. Каялов Г.М. Основные этапы развития теории электрических нагрузок промышленных предприятий [Текст] / Г.М. Каялов // Известия вузов. – 1982. - №9. – С. 1009 – 1011.
5. Дроздов В.А. О точности расчетов электрических нагрузок промышленных предприятий [Текст] / В.А. Дроздов, С.А. Фридман // Промышленная энергетика. – 1978. – №2. – С. 29-31.
6. Электрификация стационарных установок шахт: справ. пособие [Текст] / Волотковский С.А., Крюков Д.К., Разумный Ю.Т. [и др.] – М.: Недра, 1990. – 399 с.
7. Пашук В.Я. Исследование закономерностей формирования и определение электрических нагрузок потребителей угольных шахт [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.09.08 / Пашук Виталий Яковлевич ; Киевский ордена Ленина политехнический институт им. 50-летия великой октябрьской социалистической революции. – Киев, 1974. – 14 с.
8. Разумный Ю.Т. О проблемах расчета электрических нагрузок [Текст] / Ю.Т.Разумный., С.Н. Мазур // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 68. – С. 33-37.
9. Волотковский С.А. Основы электроснабжения горных предприятий [Текст] / Под ред. проф. С. А. Волотковского. – К.: издательское объединение "Вища школа", 1978. - 272 с.
10. Федоров А.А., Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. [Текст] / А.А. Федоров, В.В. Каменева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1979, - 408 с., ил.
11. Горбатов И.В. Исследования электрических нагрузок в шахтных участковых сетях и разработка методики их расчетов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.09.08 / Горбатов Иван Владимирович – Институт горного дела им. А.А. Скачинского – Киев, 1972. – 16 с.
12. Разумный Ю.Т. Классификация графиков электрической нагрузки по группам электроприемников угольной шахты [Текст] / Ю.Т. Разумный, А.В. Рухлов // Науковий вісник НГУ. – 2009. - №12. – С. 63-66.
13. Инструкция по проектированию электроустановок угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик. ВСН 12.25.003-80. [Текст] – М.: Министерство угольной промышленности СССР, 1980. – 120 с. - (Нормативный документ Министерства угольной промышленности СССР).

14. Временные руководящие указания по определению электрических нагрузок промышленных предприятий: Минэнерго СССР. [Текст] – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 97 с. - (Нормативный документ Минэнерго СССР).

15. Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках // Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок: Минэнерго СССР. [Текст] – М.: Госэнергоиздат, 1968. - №6. – С. 3-17. - (Нормативный документ Минэнерго СССР).

16. Инструкция по проектированию электроустановок угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик. [Текст] – М.: Минтопэнерго РФ, 1993. – 114 с. – (Нормативный документ Минтопэнерго РФ).

*Рекомендовано до друку проф. Разумним Ю.Т.*

УДК 621.316.11

**Ф.П. Шкрабец, д-р техн. наук, П.Ю. Красовский**  
(Украина, г. Днепрпетровск, Государственное ВУЗ "НГУ")

### ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ПОТЕРЬ В ВОЗДУШНЫХ ЛЭП ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

#### Постановка задачи

На фоне происходящих в Украине изменений хозяйственного механизма в энергетике, экономических отношений проблема снижения потерь электроэнергии в электрических сетях не только не утратила своей актуальности, но и выдвинулась в одну из задач обеспечения финансовой стабильности энерго-снабжающих организаций.

Опыт эксплуатации энергосистем показывает, что при длительной эксплуатации воздушных линий электропередач потери мощности и электроэнергии в них даже при неизменной нагрузке возрастают. Одна из причин – изменение конфигурации отдельных участков ЛЭП и, в связи с этим, изменения значенний эквивалентных сопротивлений. Из основных возможных причин изменения продольных сопротивлений ЛЭП можно отметить:

- уменьшение поперечного сечения и увеличение длины проводов, обусловленного их остаточной деформацией вследствие действия ветровых, гололедных и других нагрузок;
- коррозия проводов ЛЭП при влиянии на них разных климатических факторов (в том числе кислотных дождей, влажности, повышенной температуры, солнечной радиации) также приводит к снижению их активного поперечного сечения;
- увеличение удельного сопротивления материала проводов ЛЭП, вызванное изменением их структуры (старением) и остаточной деформацией („наклепом“).

В свою очередь технические потери электроэнергии при ее транспортировке в распределительных сетях являются основой норматива, определяющего экономически обоснованный технологический расход электроэнергии [1], поэтому точная оценка потерь электроэнергии обеспечивает корректное определение эффективности работы сетевого предприятия и планирование энергосберегающих мероприятий.

#### Цель статьи

Представить результаты исследования влияния продолжительности и условий эксплуатации воздушных линий электропередачи на динамику технических электрических потерь при транспортировке электроэнергии.

#### Изложение основного материала

В общем случае при неизменном токе нагрузочные потери активной мощности в трехфазной воздушной линии электропередачи определяются известным выражением [5]

$$\Delta P_{ВЛ} = 3I^2R = 3I^2 \cdot \rho \cdot \frac{4 \cdot l}{\pi \cdot d^2}. \quad (1)$$

При продолжительной эксплуатации воздушных линий электропередачи коррозионный процесс приводит к уменьшению эффективного диаметра фазных проводов  $d$  и соответственно к увеличению значений активных сопротивлений проводов и нагрузочных потерь в линии согласно выражению (1). Следовательно, чтобы установить характер изменения нагрузочных потерь мощности и энергии в воздушных линиях электропередачи с нарастанием срока эксплуатации ЛЭП, необходимо знать характер изменения активного сопротивления фазных проводов ЛЭП от тех же причин.

Активное сопротивление фазных проводов воздушной ЛЭП, находящихся определенное время в эксплуатации, можно определить так: