



Рис. 3. Результати числових розрахунків

Висновки. Динамічна складова точності глибини борозни залежить від забезпечення сталої інтенсивності переміщення сошника.

Для автоматизованого регулювання положення сошника використана система керування з такими складовими елементами: контролер, електропневматичний пропорційний регулятор тиску, мікроконтролер лінійного позиційного пневмоприводу.

Відповідно до рівня глибини у борозні, положення сошника, змінюється величина вхідного (вихідного) тиску позиційного пневмоприводу керування приводом сошника.

Розроблена математична модель руху сошника дає можливість реалізувати раціональні режими роботи сівалки.

Список літератури

1. Пат. на корисну модель № 84931 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Пристрій для висіву насіння просапних культур і внесення добрив/Лобов В.Й., Назаренко В.М., Дубовик І.І.; заявл. 26.03., опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.
2. Пат. на корисну модель № 84925 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Спосіб сівби просапних культур і внесення добрив/Лобов В.Й., Назаренко В.М., Дубовик І.І.; заявл. 26.03., опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.
3. Пат. на корисну модель № 84902 Україна, МПК А01С 7/00, G01D 5/12, G01D 9/00. Система контролю висіву насіння / Лобов В.Й., Назаренко В.М., Дубовик І.І., Мірошник А.В., опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.
4. Машины непрерывного транспорта: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование»/Р.Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов, - 2-е изд., перераб. И доп. - М.: «Машиностроение», 1987. - 432 с.
5. Зенков Р.Л., Гриневич Г.П., Исаев В.С. Бункерные устройства, М.: «Машиностроение», 1977.
6. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. М.: «Машиностроение», 1975. - 272 с.
7. Гавва О.М., Деренівська А.В., Кривопись Володіна Л.О. Забезпечення заданої інтенсивності переміщення сипкої продукції із бункера в лінійних вагових дозаторах. «Вібрації в техніці та технологіях», № 4(68), 2012.

Рукопись поступила в редакцию 17.02.14

УДК 621.315.052.7 - 621.395.14

Р.А. ПАРХОМЕНКО¹, преподаватель, Криворожский национальный университет»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ШАХТНЫХ СЕТЯХ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ

В работе исследуются режимы электропотребления электроприводов шахтного оборудования и проводится анализ путей повышения эффективности электроснабжения шахт, что в конечном итоге приведет к росту производительности горного оборудования за счет улучшения режимных показателей качества электроэнергии. На основе экспериментальных исследований обособленно работающих электроприемников определено их воздействие на режимы электропотребления остальных потребителей электрической энергии шахтных сетей, проведен анализ режимов напряжения.

Ключевые слова: эффективность, качество электроэнергии, режим напряжения, шахтная сеть.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Украина на сегодняшний день обладает мощным топливно-энергетическим комплексом, в котором, к сожалению, большую часть составляет морально устаревшее и технически изношенное оборудование. Таким образом, проблема энергообеспечения нашей страны перерастает в проблему национальной безопасности как политическом, экономическом, так и в экологическом аспекте. Пути решения данной проблемы очевидны – модернизация топливно-энергетического комплекса нашей страны, что, к сожалению, в сегодняшних экономических условиях это возможно реали-

¹ © Пархоменко Р.А., 2014

зывать лишь постепенно и в долгосрочной перспективе. В краткосрочной же перспективе также возможно принять меры, позволяющие улучшить экономическую ситуацию, в которой оказалась Украина. Это, прежде всего эффективное использование имеющихся ресурсов в производственном комплексе во всех отраслях промышленности, особенно это касается горно-металлургического комплекса, который является экономико-образующим. Речь идет об эффективном использовании электрической энергии и эффективной работе систем электроснабжения предприятий, что в конечном итоге также позволит повысить конкурентоспособность продукции, так как доля электроэнергии в энергозатратах железорудных шахт составляет приблизительно 90%, что в свою очередь существенно влияет на себестоимость продукции украинских горных предприятий.

Анализ исследований и публикаций. Одним из действенных резервов повышения эффективности электроснабжения шахт и в конечном итоге роста производительности выемочно-погрузочного оборудования является улучшение режимных показателей качества электроэнергии.

Современное состояние, как показал проведенный анализ режимов напряжения, характеризуется тенденцией к снижению качественных показателей, связанных функциональной зависимостью с параметрами электрической нагрузки. Дальнейшая интенсификация добычи железной руды, осуществляемая в соответствии с основным направлением технического прогресса в горнорудной промышленности, влечет за собой увеличения числа блоков, а следовательно и числа технологического оборудования, необходимого для обеспечения заданной производственной мощности шахт. Особенностью ведения технологического процесса добычи железной руды подземным способом является отсутствие жестких технологических связей при работе электроприводов шахтного оборудования: горные машины работают обособленно и независимо друг от друга, что обуславливает создание специфических условий, оказывающих воздействие на режимы электропотребления.

Постановка задания. Целью работы есть определение режимов электропотребления электроприводов шахтного оборудования на основе экспериментальных исследований обособленно работающих электроприемников и определения их воздействия на режимы электропотребления остальных потребителей электрической энергии шахтных сетей.

Изложение материала и результаты. Для определения фактических значений потерь напряжения ΔU_i вдоль наиболее протяженных загруженных ЛЭП измерения произведены в начале сети на шинах ЦПП1, в качестве промежуточного узла нагрузки предусмотрена регистрация δU_i ; на п/ст. "Тяговая-Совмещенная" как правило в месте соединения крыльев шахтного поля, и в конце непосредственно на добычных участках.

Как показал анализ гистограмм распределения δU_i при отсутствии средств централизованного и местного регулирования напряжения в сети, ΔU_i в конце ЛЭП может быть снижено применением средств компенсации реактивной мощности. При этом определяется диапазон возможных значений относительного уровня напряжения.

$$K_{Ui} = U_i / U_{ном}, \text{ или } 0,9 < K_{Ui} < 1,15, \quad (1)$$

где K_{Ui} - коэффициент кратности действующего значения напряжения к номинальному.

Выполненные исследования по оценке качества напряжения, результаты которых представлены в табл. 1, позволяют установить необходимые ограничения при разработке мероприятий и средств, повышающих качественные показатели в характерных узлах нагрузки до нормируемых пределов. К результатам проведенных исследований следует отнести основные положения, касающиеся фактического режима напряжения в системах электроснабжения шахт.

Анализ эмпирических рядов распределения указывает на отклонения исследуемой величины от нормативных требований. С интегральной вероятностью $P >> 0,95$ уровень напряжения превышает верхний предел ГОСТ 13109-67 (шахта "Саксагань"), допустимый из требований экономичности и обеспечения нормальных условий электрической изоляции электрооборудования.

Режим электроснабжения шахт характеризуется изменениями напряжения на зажимах электроприемников в пределах $\delta U_{макс} = 10,5\%$ от $U_{ном}$, что диктуется необходимостью поддержания удовлетворительного напряжения для успешной работы электроприводов горных машин. Как видно из анализа полученных результатов, представленных в табл. 1, закон изменения напряжения в контролируемых узлах нагрузки определяется доминирующим влиянием со-

ставляющей математического ожидания δU_i , что обусловлено эксплуатацией силовых трансформаторов на рабочих ответвлениях, соответствующих нижнему положению анцапф с повышенным уровнем напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

Таблица 1

Результаты обработки экспериментальных измерений и основные числовые характеристики распределения отклонений напряжения в распределительных сетях железорудных шахт

Место производства измерений		Математическое ожидание	Стандартное отклонение	Дисперсия	Неодинаковость напряжения	Отклонение напряжения
Присоединение	Рудник	$\delta U_i, В$	$\sigma, В$	$D, В^2$	$N, В^2$	$\delta U_i, \%$
п/ст.Тяговая, ввод 2	ш. Родина гор. -1015 м	0,66	2,18	4,74	5,19	-2,28
ГПП - 6 кВ	ш.Родина	-5,2	1,79	3,21	30,4	-5,53
п/ст."кв.160", 0,4 кВ	ш. Родина	-4,75	5,12	26,2	48,84	-6,95
уч. №1, кв.178	ш. Родина	-9,76	2,17	4,73	100,1	-10
уч. №17, ОРТ-229, гор.-605 м	ш. Саксагань	-1,61	2,37	5,64	8,24	-2,88
уч. №21, ОРТ-205, хоз.орт -620м	ш. Саксагань	-2,26	1,97	3,88	9,0	-3
ШПП №11, ЦРДУ- 0,4 кВгор.-630 м	ш. Саксагань	10,3	2,06	4,25	110,6	10,5
ШПП № 10, гор.-630 м	ш. Саксагань	9,52	2,27	5,18	95,96	9,8
ЦРП-6 главная	ш. Саксагань	2,76	1,25	1,56	9,19	3
ШПП № 11, осв.сев.полев.штрека, 127 В	ш. Саксагань	-3,73	2,65	7,06	21,0	-4,59
п/ст "Южносаксаганская" поверхность 0,4 кВ, ш.В-4	ш. Саксагань	6,07	1,59	2,53	39,4	6,25
п/ст "Южносаксаганская" поверхность 6кВ, ш.В-4	ш. Саксагань	1,19	2,63	6,91	8,35	2,89
п/ст. "Саксагань" поверхность 6кВ	ш. Саксагань	7,43	0,98	0,97	56,1	7,5

Это приводит к смещению кривой напряжения от оси $U_{ном}$ без существенного искажения или деформации его характера во времени; при этом рассеяние напряжения от среднего отклоняется незначительно $\delta^2_{макс}=26,2 В^2$ в самой удаленной точке сети на подстанции квершлага "160" гор. -1015 м ш. "Родина". Подобное положение обусловлено отсутствием средств централизованного и местного регулирования напряжения, в том числе встречного регулирования в соответствии с режимами наибольших и наименьших нагрузок.

На выбор способов улучшения качественных показателей электроснабжения оказывают воздействие результаты исследований возможной ширины диапазона изменений напряжения в функции времени, которые служат основой при разработке технических требований на изготовление местных средств регулирования.

Следует отметить, что узкий диапазон изменений напряжения (ввиду малого рассеяния δ_i^2) упрощает требования к созданию, выбору средств регулирования, позволяет удешевить конструкцию, так как отпадает необходимость в осуществлении глубокого регулирования с широким спектром изменения исследуемых параметров.

В силовых сетях железорудных шахт основным фактором, влияющим на снижение показателей эффективности электроснабжения, является дефицит реактивной мощности, обусловленный отсутствием, либо слабым использованием источников реактивной мощности в узлах нагрузки, что приводит к невозможности обеспечения нужного режима напряжения и вызывает нарушения устойчивости работы шахтных ЭП. Средства компенсации реактивной мощности, обеспечивающие снижение потери напряжения в сети направлены на уменьшение величины

народнохозяйственного ущерба и продление ресурса работоспособности электродвигателей путем обеспечения их работы в более экономичном режиме.

При постановке вопроса повышения качества напряжения в шахтных сетях исходной информацией служат результаты проведенной комплексной оценки, а также существующие средства и способы обеспечения благоприятного уровня напряжения на зажимах шахтных ЭП.

Для конкретных условий электроснабжения шахт оптимизация качественных показателей достигается путем выбора наиболее приемлемых решений и разработки рациональных устройств по технико-экономическим соображениям. Из проведенного анализа соответствия показателей качества электроэнергии ГОСТ 13189-67 очевидна целесообразность проведения мероприятий в направлениях:

обеспечения централизованного встречного регулирования напряжения в соответствии с режимом электропотребления;

местного регулирования напряжения с целью сокращения диапазона отклонений напряжения;

компенсации реактивной мощности и потерь напряжения во всех узлах;

совершенствования систем электроснабжения с выбором рациональных повышенных уровней напряжения на всех ступенях трансформации;

регулирование (с целью ограничения) напряжения в осветительных сетях.

Выражением для комплексного решения вопросов регулирования напряжения служит обобщенная зависимость $U=f(t)$ баланса значений напряжения у потребителей и в центре питания [1]

$$U_{эн} = U_{ин} + U_{доб} - \frac{P_M R_i + (Q_M - Q_K)(X_i - X_C)}{U_{ном}}, \quad (2)$$

где $U_{доб}$ - добавочное напряжение, создаваемое регулируемыми устройствами; Q_K - реактивная компенсирующая мощность, вырабатываемая синхронными двигателями и компенсационными преобразователями; X_i - индуктивное сопротивление элементов сети; X_C - емкостное сопротивление установок продольной компенсации.

Слагаемые данного уравнения определяют эффективность применения и степень воздействия устройств регулирования напряжения на исследуемую функцию δU_i .

В общем виде качество напряжения соответствует произведению нагрузки на сопротивление. Однако, повышение качественных показателей не сводится к определению потерь в сетях и во многих случаях является вопросом технологическим. Действительно, воздействие на результирующую нагрузку возможно путем упорядочения организационных мероприятий и рационального использования электроприводов горных машин оптимизацией технологического процесса добычи руды. Снижение же сопротивления элементов сети зависит от выбора соответствующей схемы электроснабжения горизонта.

Результаты исследований показывают, что групповая стабилизация для ЭП с различными требованиями нецелесообразна, так как приводит к излишнему ужесточению условий и, следовательно, не эффективному удорожанию системы электроснабжения. Согласно выполненному анализу изменение производительности (скорости) в зоне экстремального значения имеет столь пологий характер, что значительному отступлению от оптимальных параметров δU соответствует небольшое изменение производительности выемочно-погрузочного оборудования.

Наиболее эффективным представляется регулирование реактивной мощности, которое позволяет одновременно снизить потери напряжения в сети и поддержать величину напряжения.

Возможности компенсации реактивной мощности вытекают из выражения для потери напряжения

$$\Delta U = I_a r_k + (I_a + I_k) X_k, \quad (3)$$

где I_a, I_p - активная и реактивная составляющие тока нагрузки; I_k - ток компенсации; X_k, r_k - сопротивление короткого замыкания в рассматриваемом узле нагрузки.

Считая, что U_0 в ближайшем узле сети отклоняется на величину δU_i независимо от рассматриваемой нагрузки, напряжение в данной точке

$$U = U_0 \pm \delta U_i - \Delta U. \quad (4)$$

В этом случае ток компенсации, необходимый для поддержания напряжения на заданном уровне

$$I_k = I_p + I_a \frac{r_k}{X_k} - \frac{\Delta U - 2\delta U}{X_k}. \quad (5)$$

Целесообразность и экономичность реализации этого способа повышается с увеличением

X_k снижением r_k .

Одним из наиболее перспективных способов ограничения влияния быстроизменяющейся нагрузки на напряжение является компенсация реактивной мощности, осуществляемая посредством установок статических конденсаторов, синхронных двигателей и компенсаторов, а также компенсационных преобразователей.

Применение технических средств компенсации реактивной мощности сейчас гораздо выгоднее, чем удорожание сетей за счет реконструкции. Весьма перспективно внедрение статических источников реактивной мощности (ИРМ), у которых выпрямленным током тиристорного преобразователя индуктивность (реактор или дроссель с железом) заряжается магнитной энергией с последующим ее инвертированием в сеть переменного тока при опережающем коэффициенте мощности. Преобразователи, разработанные по схеме с искусственной коммутацией, где в качестве устройства коммутации используются конденсаторы, наряду со своими активными функциями выполняют задачу генерирования реактивной мощности в сеть, существенно снижают колебания напряжения при резкопеременных и толчковых нагрузках.

Для повышения уровней напряжения на зажимах удаленных ЭП железорудных шахт приемлемым вариантом является обеспечение централизованного регулирования изменением коэффициента трансформации трансформаторов ЦРП в соответствии с режимом суточного графика нагрузки. Однако следует отметить недостаточность проектных надежных способов централизованного встречного регулирования напряжения ввиду несовершенства и низкой надежности устройств РПН регулирования под нагрузкой трансформаторов. Кроме того, опыт эксплуатации трансформаторов с РПН показывает на частоту переключения анцапф трансформаторов несколько раз в течение года, в основном для сглаживания сезонных колебаний нагрузки.

Наиболее приемлемым и технически возможным направлением повышения качественных показателей в системах электроснабжения шахт является перевод подземных участков сетей на повышенные напряжения. Это позволит не только снизить потери электроэнергии и расход цветных металлов в сетях низкого напряжения, но и в ряде случаев увеличить радиус действия участков подстанций и единичную мощность трансформаторов или обеспечить наиболее полную их загрузку. Это значительно упрощает схему электроснабжения предприятия, сокращает необходимое количество электрооборудования напряжением выше 1000 В, капитальные вложения и потери электроэнергии.

Эффективность применения напряжения 660 В неодинакова для всех отраслей промышленности. Напряжение 660 В в первую очередь рекомендуется для предприятий с более высокой средней единичной мощностью электроприемников, а также для тех предприятий, в которых по условиям генплана, технологии или окружающей среды не могут быть использованы дробление подстанций и приближение трансформаторов к центрам питаемых ими нагрузок.

Экономичность напряжения 660 В определяется тем, что стоимость трехфазных электродвигателей 660/380 В практически одинакова со стоимостью электродвигателей - 380/220 В. Если же стоимость отдельных новых типов электродвигателей в связи с улучшением изоляции и показателей надежности несколько увеличивается, то это удорожание можно не учитывать. Стоимость трансформаторов с вторичным напряжением 0,4 и 0,69 кВ одинакова.

По сравнению с напряжением 380 В пропускная способность сети при напряжении 660 В возрастает в 3 раза, а потери электроэнергии уменьшаются, в 3 раза при одинаковом расходе цветных металлов и примерно в 2-1,8 раза, если сечения токопроводящих жил, выбранные при напряжении 380 В, снизить на одну-две ступени.

При технико-экономических расчетах часто ограничиваются сравнением электроустановок напряжением до 1000 В, не меняя технических решений по предприятию в целом. При этом, выгода от применения напряжения 660 В оказывается заниженной.

Наряду с уменьшением потерь в электрических сетях до 1000 В, напряжение 660В обладает двумя существенными преимуществами:

верхний предел номинальной мощности трехфазных электродвигателей 380 В в особенности синхронных при напряжении 660 В может быть повышен, по крайней мере, в $\sqrt{3}$ раз, т.е. до 630 кВт, а в отдельных случаях еще выше;

экономический радиус действия подстанций увеличивается почти в 2 раза; в отдельных случаях за счет небольшого увеличения длины питающей сети до 1000 В допустимо повысить единичную мощность трансформаторов, сократить число подстанций, линий и аппаратуры на-

пряжением, выше 1000 В; одновременно снижается примерно в 2 раза расход цветных металлов.

При переводе шахтных распределительных сетей с напряжения 380 В на 660 В возможны следующие варианты выбора сечения кабельных линий:

по механической прочности. В этом случае сечение сети не меняется. Следовательно, потери электроэнергии при напряжении 660 В снижаются в 3 раза;

по потере напряжения. В этом случае сечение сети при 660 В снижается в 3 раза, сохраняя на том же уровне потери энергии;

по нагреву. В этом случае сечение сети при напряжении 660В снижается примерно в 2-2,5 раза, а потери энергии уменьшаются соответственно в 1,5-1,2 раза.

Выводы и направление дальнейших исследований. Использование напряжения 660/380 В обеспечивает неоспоримые экономические преимущества по сравнению с напряжением 380/220 В при возможности глобального перевода всех трехфазных нагрузок на напряжение 660 В.

При этом обеспечивается снижение потерь мощности и затрат на пропускную способность сети.

В среднем экономический эффект по зависимой части приведенных затрат составит 73%. Не менее существенны и технические преимущества, даваемые напряжением 660 В.

Они заключаются в обеспечении экономии цветного металла, снижении потерь и режимов напряжения, снижении номинальных потоков нагрузки, возможности укрупнения единиц трансформаторной мощности и мощности токоприемников, а также возможности полного исключения напряжения 6 кВ и замены его напряжением 10 кВ.

Дальнейшие исследования сводятся к совершенствованию тактики оценки эффективности функционирования систем электроснабжения и электропотребления в условиях неопределенности и неполноты информации с целью повышения качества напряжения в шахтных сетях.

Список литературы

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с., ил.

Рукопись поступила в редакцию 17.02.14

УДК [620.9+622+504.61.004.67]:339. 977

М.С. ЧЕТВЕРИК, д-р техн. наук, проф., ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ,
О.В. МИШИНА, инженер-экономист, ЧП «Экономика»

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ, ГОРНОМ ДЕЛЕ, ЭКОЛОГИИ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

С использованием изменения численности населения Земли выполнен прогноз потребления электрической энергии в мире. Рассмотрено производство электроэнергии тепловыми и атомными электростанциями в Украине. Приведен прогноз производства электрической энергии до 2030г. Изложены перспективные направления в атомной энергетике - создание и использование мини атомных электростанций. Рассмотрена сырьевая база атомной энергетики Украины. Приведены возможные экономические последствия развития технического прогресса в области энергетики.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Переход Украины к рыночной экономике приводит ее, как и все Мировое сообщество, к потрясениям: экономическим кризисам, которые особенно ощутимы на протяжении 2005 -2013 гг. Существует множество рекомендаций по выходу из кризиса. Согласно теории экономического развития общества, подтвержденной историческим опытом, выходу из мирового кризиса предшествует резкий скачок технического прогресса. Он может произойти в какой-либо одной стране или регионе. При этом происходит обновление основных фондов и возникают новые направления в технике и технологии. Происходит переориентация потребностей человечества как в качественном, так и количественных отношениях. Поэтому, для того чтобы выйти из кризиса и быть в лидерах, необходимо определить то главное направление технического прогресса, которое может коренным образом повлиять на экономическую и экологическую ситуацию.