

вительной выработки, способа управления горным давлением в выработанном пространстве очистного забоя и положения нахождения выемочного столба в шахтном поле.

**Выводы.** Таким образом, параметры ослабленной зоны горных пород, которые требуют технологического вмешательства, находятся в прямой зависимости от ширины и высоты выработки. Прежде всего, форму выработки необходимо приспособить к параметрам рабочего пространства лавы.

При переходе очистными работами горной выработки напряженно-деформированное состояние вмещающих пород техногенной зоны имеет прямую зависимость от расстояния до забоя лавы, параметров опорного давления и времени их наложения, а также от структурного строения массива. Это позволит прогнозировать плотность установки крепи и ее характеристики работы в режиме деформации нарушенного массива техногенной зоны, учитывая структурные изменения во вмещающих породах.

Максимальные эквивалентные напряжения в основной кровле не превышают прочности породы на одноосное сжатие. В непосредственной кровле эквивалентные напряжения имеют максимальное значение вблизи плоскости забоя лавы, и есть высокая вероятность образования трещины.

Из этого следует, что при переходе очистными работами техногенных зон, которые не подсекают основную кровлю, крепь усиления должна обеспечить поддержание вес непосредственной кровли и не допускать просыпание в рабочее пространство кусков породы.

Рукопись поступила в редакцию 10.04.12

УДК 621.314.632

А.П. СИНОЛИЦИЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. КОЛЬСУН, канд. техн. наук, доц.

Д.О. КАЛЬМУС, асистент, Е.В. СТРАШКО, магістр

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## **РЕЖИМИ ВЗАЄМОВПЛИВУ В ГРУПОВИХ СИСТЕМАХ ЖИВЛЕННЯ І КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧИМИ УСТАНОВКАМИ**

Статтю присвячено особливостям роботи виробничих установок різної потужності при груповому живленні. Визначено передумови виникнення аномальних і аварійних режимів під час пуску синхронних двигунів великої потужності. Показано, що забезпечення безаварійної експлуатації таких систем досягається шляхом стабілізації напруги інверторної групи тиристорних перетворювачів. Дослідження виконано на прикладі системи живлення і керування установками рудозбагачувальної фабрики.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Як передбачено державними стандартами [1], відхилення, коливання діючого значення напруги у виробничих установках не повинні перевищувати 5–10 % від його номінального значення, в іншому випадку це приводить до значного погіршення економічних показників та зниження ресурсу роботи обладнання, спостерігаються часті зриви в роботі, а також ускладнені пускові режими і режими самозапуску [2]. Особливого значення при цьому набувають співвідношення встановленої потужності споживачів до потужності короткого замикання системи живлення (пускової потужності) [3,4].

**Аналіз досліджень та публікацій.** Звісно, що на сьогодні є досить значна кількість праць [2,5], присвячених проблемам регулювання якості електричної енергії з боку споживача, які спрямовані на вирішення поставленої задачі, як взагалі, так і в окремих випадках. Зважаючи на особливості поставленої задачі, слід здійснити комплексний підхід щодо розглянутого випадку.

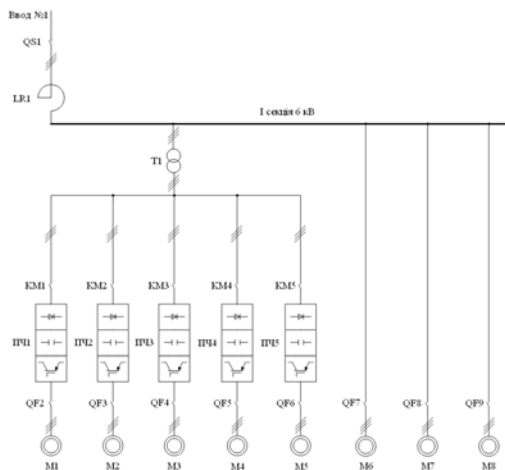
**Постановка завдання.** Аналіз досліджень та публікацій надав змогу виокремити завдання дослідження:

визначення провалів напруги мережі групового живлення електроспоживачів у пускових режимах установок підвищеної потужності та їх впливу на працездатність установок меншої потужності з дволанковими перетворювачами енергії;

обґрунтування схем та заходів щодо обмеження провалів напруги та виключення аварійних режимів у системах групового живлення механізмів, встановлена потужність яких різко відрізняється;

аналіз запропонованих протиаварійних заходів.

**Викладення матеріалу та результати.** Досліджуваним об'єктом є мережа живлення рудозбагачувальної фабрики РЗФ-2 ПАТ «АрселорМіттал-Кривий Ріг» (рис. 1), на якій встановлені кульові млини, що приводяться в дію синхронними двигунами потужністю в 2,5 МВт.



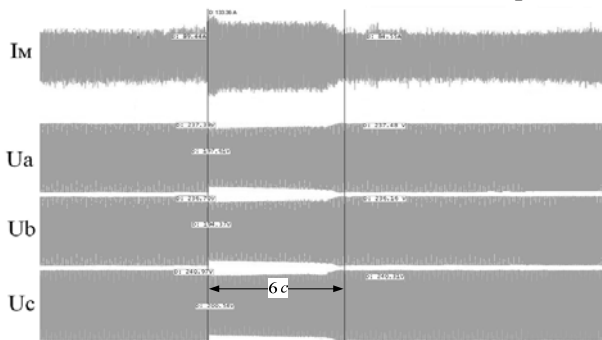
**Рис. 1.** Однолінійна схема секції 1 підстанції № 22 РЗФ-2 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

На цій же фабриці здійснена модернізація електроприводу насосів технологічної лінії рудозбагачувального процесу (встановлені сучасні частотні перетворювачі фірми АВВ). Під час прямого пуску синхронних двигунів відбувається значне зниження напруги в мережі живлення (рис.2), завдяки чому спрацьовує захист перетворювачів частоти насосів, що призводить до їх аварійної зупинки.

Аналіз діаграм показує, що пусковий режим СД триває близько шести секунд. Саме на цей період часу необхідно здійснити заходи щодо стабілізації напруги живлення безпосередньо систем електроприводу насосів.

Можливі кілька рішень поставленої задачі.

По-перше, здійснення плавного пуску потужного СД (встановленням системи регульованого електроприводу на основі тиристорних регуляторів напруги, або перетворювачів частоти). Такий варіант є прийнятним, як для мережі та її споживачів (менше зниження напруги мережі живлення), так і для синхронної машини (відсутність динамічного навантаження на двигун, що обумовлює збільшення його терміну експлуатації), проте, є досить вартісним (слід врахувати, що від однієї секції шин живиться 3 синхронні двигуни потужністю 2,5 МВт).

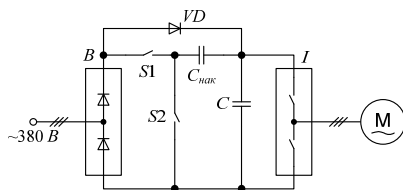


**Рис. 2.** Графіки струму мережі живлення і фазних напруг під час запуску синхронних двигунів кульових млинів

По-друге, встановлення вольтопідвищуючих пристроїв. На сьогоднішній день розроблені чисельні варіанти таких рішень [2,6].

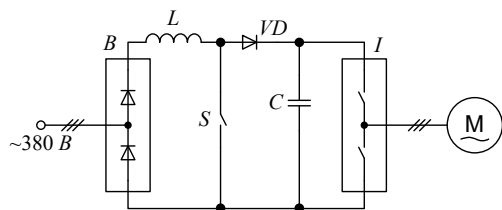
По-третє, встановлення у ланці постійного струму перетворювачів, які повинні забезпечувати стабільну роботу технологічного процесу, накопичувальних пристроїв з

відповідною системою керування. Найпримітивніший варіант такого рішення - встановлення великої ємності в ланці постійного струму, енергія якої, забезпечила б роботу насосу протягом шести секунд пуску СД. Можливі й більш складні схемні рішення з використанням додаткового накопичувача але з меншою величиною ємності, в порівнянні з попереднім варіантом, наприклад (рис. 3).



**Рис. 3.** Перетворювач частоти з додатковою ємністю

Недоліком такого варіанту може бути підвищення струму мережі зі зниженням її напруги, що приведе до додаткового її перевантаження.



**Рис.4.** Перетворювач частоти з підвищуючим регулятором напруги (L,VD,S) в колі постійного струму

Можливий ще один варіант стабілізації напруги мережі живлення. Відомо [2,5], що падіння напруги в мережі живлення визначається виразом

$$\Delta U = \frac{P_n r_m + Q_n x_m}{U_n}, \quad (1)$$

де  $P_n$ ,  $Q_n$  - відповідно активна та реактивна потужність навантаження;  $r_m$ ,  $x_m$  - активний та реактивний опір лінії;  $U_n$  - напруга в кінці лінії.

З іншого боку, видно, що секція шин 6 кВ живиться через реактор LR1 (тип реактору - РБГ-10-1600-0,35). Отже, аналізуючи (1) та враховуючи наявність реактору в мережі живлення, можна спрогнозувати, що падіння напруги під час запусків СД викликане підвищенням рівня реактивної потужності (реактивної складової струму) (рис.5), що підтверджено результатами моделювання (рис.6). Іншими словами, компенсуючи реактивну складову струму, збільшується рівень напруги в мережі живлення (рис.7). Для розглянутого випадку, компенсація реактивної складової струму можлива як засобами самого синхронного двигуна, так і встановленням додаткових керованих фільтро-компенсаційних пристроїв, система керування яких повинна бути налагоджена так, щоб підтримувати рівень напруги мережі живлення у допустимих межах.

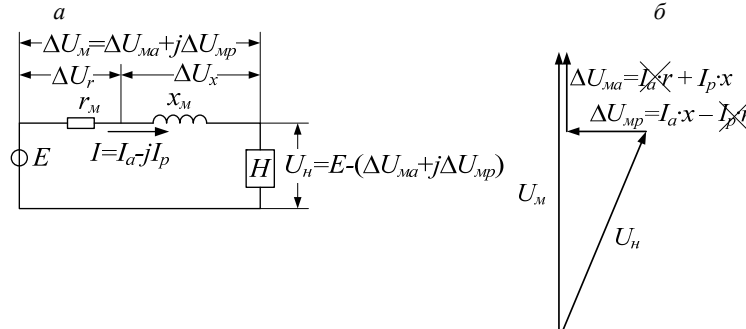


Рис. 5. Схема заміщення *a* та векторна діаграма напруг (*б*) елементів мережі живлення

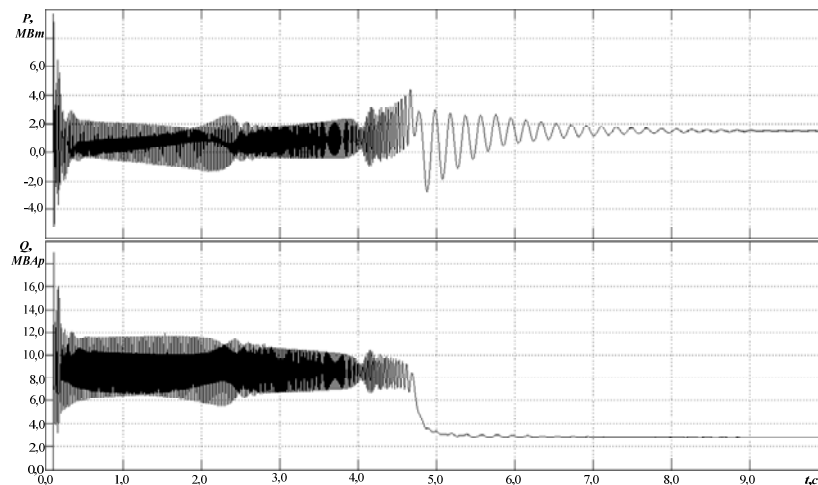


Рис. 6. Активна та реактивна складові потужності під час запуску СД

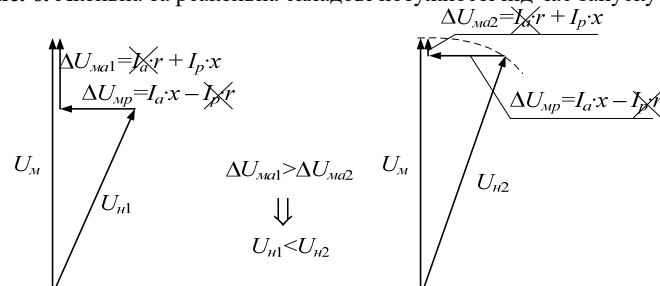


Рис. 7. Векторні діаграми, що пояснюють принцип підвищення напруги завдяки компенсації реактивної складової струму

**Висновки.** У запропонованій роботі розглянуто вплив пускових режимів синхронних двигунів на інших споживачів. Розглянуті можливі варіанти усунення проблеми: використання системи плавного пуску синхронного двигуна, впровадження вольтодобавочних пристроїв для споживачів чутливих щодо коливання напруги, встановлення накопичувачів енергії, застосування підвищуючих регуляторів напруги для перетворювачів частоти безперервного технологічного процесу та компенсація реактивної потужності мережі.

### Список літератури

1. ДСТУ 13109-97. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального користування.
2. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 253 с.
3. Шипилло В.П. Влияние тиристорного электропривода на питающую сеть / В.П. Шипилло // Электротехническая промышленность. Электропривод, 1970. – №1. – С. 5–10.
4. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / Сыромятников И.А. // под ред. Л.Г. Мамикомянца. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.
5. Иванов В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Поспелов Г.Е. Компенсирующие и регулирующие устройства в электрических системах / Г.Е. Поспелов, Н.М. Сыч, В.Т. Федин. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 112 с.
7. Перетворювальна техніка : Підручник. Ч.2 / [Ю.П. Гончаров, О.В. Будьоний, В.Г. Морозов та ін.] : За ред. В.С. Руденка. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.

Рукопис подано до редакції 10.04.12

УДК 622.793.2

А.С. ГОЛИКОВ, ассистент, Донецкий национальный технический университет

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДНО-ШЛАМОВЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ УЗЛОВ И СОЕДИНЯЮЩИХ ПОТОКОВ

Предложены математические модели, позволяющие оценить работу замкнутых циклов с позиции затрат энергии на обработку и вывод шламовых потоков.

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** От эффективности работы водно-шламовой системы (ВШС) предприятия зависит качество продуктов обогащения. Предложены различные подходы и критерии для оценки этого параметра [1-4]. Критерий должен учитывать влияние изменений процесса накопления шлама. Таким критерием считается коэффициент циркуляции шлама, который вычисляется по зависимости

$$K_{\tau} = (F+G)/(f_o + g_o), \quad (1)$$

где  $K_{\tau}$  - коэффициент циркуляции;  $F$  и  $G$  - соответственно количество шлама крупностью меньше и больше граничного зерна разделения в подрешетных водах при установившемся равновесии в системе, т/ч; и  $f_o$  и  $g_o$  - то же самое, но в подрешетных водах после первого цикла.

**Анализ исследований и публикаций.** К основным характеристикам критерия относятся равновесная концентрация твердой фазы в питании узлов и продолжительность стабилизации ее содержания в потоках. Минимальное значение критерия соответствует максимальной эффективности работы основных узлов и аппаратов системы. Обычно сгустительно-осветлительные устройства не обеспечивают полное извлечение шлама в сгущенный продукт, и в ВШС происходит накопление тонких частиц [1].

Анализ зависимости (1) показал, что чем меньше количество твердого возвращается с оборотной водой в технологический процесс, тем выше эффективность работы ВШС. Сокращение количества шлама, циркулирующего в системе, достигается при обеспечении его максимального вывода с конечными продуктами. При этом снижается содержание шлама в питании основных узлов и аппаратов и снижается время достижения равновесной концентрации твердого в системе.

Коэффициент циркуляции характеризует работу ВШС только с позиции максимального содержания шлама после установившегося режима работы и не позволяет оценить влияние продолжительности накопления. Высокая продолжительность нестационарного режима говорит о неэффективной работе системы.

**Постановка задачи.** С учетом изложенного выше необходимо разработать универсальный критерий, учитывающий влияние продолжительности накопления шлама в оборотной воде, которая зависит и от инерционных свойств исследуемой системы.

**Изложение материала и результаты.** Оценка накопления шлама в ВШС с позиции содержания твердой фазы в оборотной воде после установившегося равновесия не является полной, так как процесс изменяется во времени и длительность этого изменения влияет на эффективность работы узлов и системы в целом. Изменение этих параметров можно проследить, ис-