

В.О.Амосов, Донбаський державний технічний університет

О.В.Марусей, Донбаський державний технічний університет

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДІЮЧИМ ВЕНТИЛЯТОРОМ ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ ШАХТИ

Амосов В.О., Марусей О.В.

Розробка системи керування діючим вентилятором головного провітрювання шахти

Наведені результати досліджень, які дозволяють істотно підвищити ефективність роботи вентилятора; розроблена схема управління вентилятором з регульованою частотою обертання ротора.

Ключові слова: провітрювання, шахта, вентилятор, ефективність.

Амосов В.А., Марусей О.В.

Разработка системы управления действующим вентилятором главного проветривания шахты

Приведены результаты исследований, позволяющие существенно повысить эффективность работы вентилятора; разработана схема управления вентилятором с регулируемой частотой вращения ротора.

Ключевые слова: проветривание, шахта, вентилятор, эффективность.

Реконструкція вугільної промисловості ставить перед гірниками безліч актуальних та важливих проблем економічного та соціального характеру. Однією з них є технічне переобладнання шахти із застосуванням досконалого та економічного устаткування. Ця проблема приймає ще більше значення для вентиляційних установок головного провітрювання (ВУГП), які є найбільш енергоємними з усіх електроспоживачів шахти. Тому велике значення приділяється роботі вентилятора головного провітрювання з якомога більшим коефіцієнтом корисної дії (ККД) для зменшення витрат електроенергії.

Вугільна шахта відрізняється притаманною кожному гірничому підприємству особливістю постійної зміни положення робочого місця очисних та підготовчих виробок, а також втратою поперечного перерізу транспортних венти-

ляційних та допоміжних виробок, що пов'язано з посиленням гірничого тиску. У шахті також часто трапляються випадки втрати утримання кріплення виробок, що супроводжується частковим або повним обваленням породи і завалами перерізу виробок. Усе це призводить до зміни параметрів вентиляційної мережі шахти, з'являються випадки розташування у вузьких місцях транспортних засобів, а також постійно змінюється значення втрат повітря між гірничими виробками і у вентиляційних спорудах. Постійна зміна параметрів вентиляційної мережі шахти змінює положення робочої точки на характеристиці вентилятора, що може привести до роботи устаткування за зоною економічного використання [1, 2].

Аналіз вітчизняних і закордонних досліджень показує, що для забезпечення роботи за весь час експлуатації ВУГП в економічній частині характеристики з найбільшим ККД розроблені й знайшли практичне використання різні засоби регулювання ВУГП [3]. Вентилятор повинен також забезпечувати надійність та безперервність роботи. Тому велике значення мають питання економічного обґрунтування та вибору електроприводу і схем живлення [4].

Шахтні вентиляційні установки головного провітрювання є одним з найбільш енергоємних споживачів електричної енергії серед діючих на сьогодні вугільних шахт, тому електропривод до них необхідно вибирати у тісному зв'язку з питанням електропостачання шахти, з урахуванням підвищення шахтного коефіцієнта потужності [4].

Найбільш вигідний варіант визначається розрахунками. Частіше електропривод потужних шахтних ВУГП базується на синхронних двигунах, однак в окремих випадках економічно ефективнішим є використання асинхронних двигунів з фазним ротором [5].

На основі вищенаведеного в даній роботі досліджується й розробляється ефективна схема регулювання режиму роботи ВУГП, що забезпечує підвищення його ККД.

При виборі параметрів електроприводу шахтних ВУГП повинні бути врахованими такі вимоги: потужність електродвигуна, що вибирається, повинна

бути більшою, ніж найбільша потрібна потужність за весь час розрахункової роботи ВУГП; втрата напруги при пуску ВУГП не повинна перебільшувати значень, припустимих для нормальної роботи інших споживачів електричної енергії, які живляться від того ж близького джерела, що й даний електропривод; момент оберту, який розвиває обраний електродвигун, повинен забезпечити нормальний запуск на протязі усього часу розгону. Обрані двигуни треба перевірити по умовам нагрівання при запуску, тому що шахтні ВУГП мають відносно великі пускові моменти.

Однією з основних вимог до ВУГП є необхідність тривалої роботи з номінальним навантаженням. Окрім того, електропривод повинен забезпечувати пуск і розбіг вентилятора з великим динамічним моментом інерції до номінальної швидкості обертання. Потужність приводного двигуна в загальному випадку визначають за формулою:

$$N_{д.н.} \geq K \cdot N_{в.маx} \cdot \left(\frac{n_{д.н.}}{n_{в.н.}} \right)^3 \text{ кВт}, \quad (1)$$

де $N_{д.н.}$ – номінальна потужність приводного електродвигуна;

$K = 1,1 \div 1,2$ – коефіцієнт запасу потужності електродвигуна;

$N_{в.маx}$ – найбільша потужність на валу вентилятора, кВт;

$n_{д.н.}$ – номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв;

$n_{в.н.}$ – номінальна частота обертання вентилятора, об/хв.

Не дозволяється при одній номінальній частоті обертання обирати двигун з номінальною потужністю меншою, ніж найбільша потужність на валу вентилятора, яка відповідає цій частоті обертання, навіть тоді, коли фактична потужність на його валу, визначена параметрами провітрювання шахти, значно менша найбільшої потужності на валу вентилятора. В іншому разі незаплановані зміни характеристики шахтної мережі (закорочування вентиляційного струму й т.п.) може привести до того, що приводний електродвигун буде перевантажено і він вийде із строю.

Статистичні дослідження параметрів провітрювання діючих вугільних шахт за довгий час їх експлуатації, проведені інститутами «Донгіпровуглемаш», ВНДІГМ ім. М.М. Федорова, показали [3]:

- стохастичний характер їх змін;
- близько 40 % вугільних шахт мають великий діапазон змін кількості повітря, що подається у підземні виробки для їх провітрювання; тиск (депресія) для переміщення повітря по виробкам змінюється в два рази й більше.

Статистичними дослідженнями ефективності діючих шахтних вентиляторів встановлено, що більш половини з них, а також 35 % найбільш великих з них експлуатуються з ККД менш, ніж 0,6. В багатьох випадках параметри провітрювання шахти хоч і змінюються у невеликих межах, але знаходяться у нижній частині зони економічної роботи вентилятора з аеродинамічним регулюванням, або опиняються за її межами.

Експлуатація вентилятора, якій має велику енергоємність та постійно цілодобово працює з низьким ККД, приводить до великого споживання електроенергії.

Одним з основних напрямків удосконалення існуючого електроприводу є створення вентиляторів головного провітрювання з великою глибиною економічного регулювання їх подачі та тиску (депресії).

Дослідження необхідної глибини регулювання вентиляторів показали, що діапазон регулювання необхідних параметрів провітрювання вугільних шахт може бути забезпечений вентиляторами при регулюванні частоти обертання їх ротора від n_H до $0.5 \cdot n_H$. В реальних умовах на шахті ім. Г. Г. Капустіна використовується для провітрювання шахти вентилятор ВЦ–31,5 з регулюванням вісьовим направляючим апаратом ОНА (рис. 1).

Як видно з рисунку 1, робота вентилятора характеризується низьким ККД (не більш 65 %). Для приводу вентиляторної установки використовується асинхронний двигун з фазним ротором типу АКН-2-15-69-10УХЛ4 напругою 6 кВ, потужністю $P_{дв} = 800$ кВт [6].

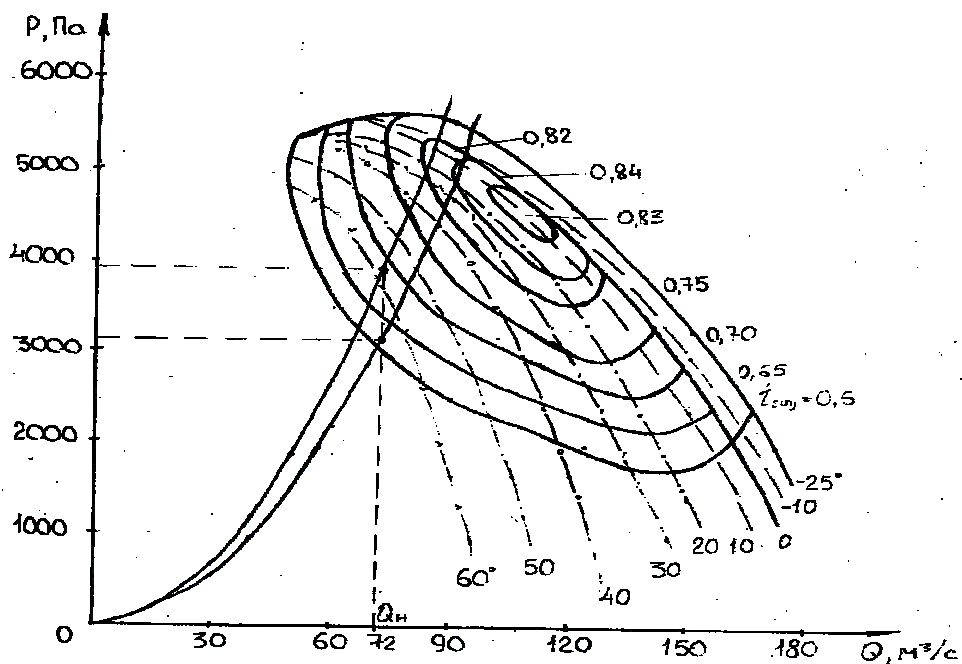


Рис. 1. Аеродинамічні характеристики вентилятора ВЦ-31,5 при регулюванні вісьовим напрямляючим апаратом ОНА

Для запуску електродвигуна використовуються роторні резистори, які набрані у секції та підключені до станції управління. але у дійсних умовах не зроблені розрахунки про можливості використання станції роторних резисторів вентиляторів для регулювання частоти обертання ротора ВУГП з метою зменшення витрат електроенергії і підвищення ККД установки. Крім того, роторна станція використовується лише для запуску вентилятора.

Розрахунки вказали на те, що для чинних умов експлуатації потрібно прийняти двигун на напругу 10 кВ типу АКД-2-17-76-10УХЛ4, що має потужність $P_{\text{дв}} = 800$ кВт.

У зв'язку з тим, що ККД вентилятора дуже низький ($\approx 60\%$) через відносно невелику глибину регулювання подачі та тиску вентилятора (депресії) за допомогою вісьового напрямляючого апарата ОНА, то для зменшення затрат електроенергії та збільшення ефективності регулювання зазначеними параметрами прийняли для регулювання асинхронний вентильний каскад (АВК). Велика кількість досліджень вказує на необхідність використання для вентиляторів каскадних схем підключення асинхронних електродвигунів, у яких потужність

пристроїв для регулювання швидкості складають тільки частину потужності двигуна. Найкращі показники у цьому випадку мають каскади з удосконаленими статичними тиристорними перетворювачами потужності – АВК. Простота цієї схеми, можливість комплектації з серійних тиристорних перетворювачів, роблять цю схему привабливою для модернізації діючих установок. У реальних умовах при дуже низькому ККД вентилятора (60 %) треба застосовувати систему регулювання по мережі АВК. Управління тиристорними перетворювачами виконується системою імпульсно-фазового управління СІФУ, виконаною по трифазній схемі (рис.2).

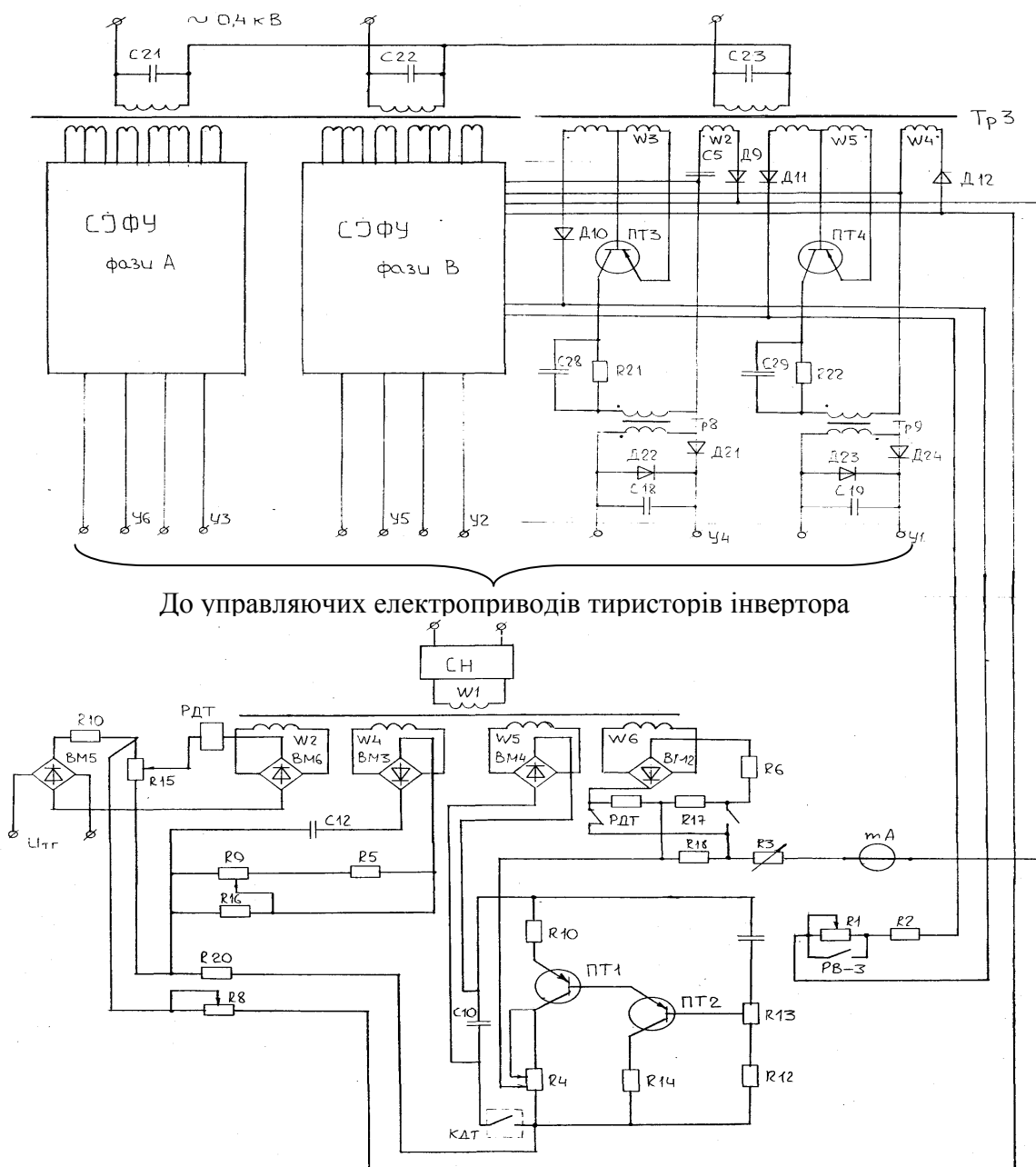


Рис. 2. Система імпульсно-фазового управління (СІФУ) інвертора

СІФУ використовується у реверсивних тиристорних перетворювачах при лінійному та нелінійному урахуванні груп вентиляторів перетворювача, а також при окремому управлінні групами. Схема забезпечує регулювання кута управління вентиляторів однієї з двох груп мостового інвертору. Управління кола анодної групи інвертору замкнено на резисторах R1 та R2, а управління катодною групою виконується задатчиком інтенсивності, виконаним на напівпровідних тріодах ПТ1 та ПТ2.

На початку процесу гальмування при замиканні контактора КДТ з резистора R18 знімається напруга, що відповідає величині сили електричного руху. Однак, час гальмування приводу регулюється зменшенням постійного заряду конденсатора C13 за допомогою резисторів R12 та R13. При збільшенні напруги на конденсаторі транзистори ПТ1 та ПТ2 відкриваються і напруга збільшується. На вхід пропорційного регулятора струму також підводиться напруга відносно швидкості обертання двигуна. Сигнал зворотного зв'язку сумується з завданням на резисторі R16: назустріч йому у двигуновому режимі і разом у режимі гальмування. Сумарний сигнал зрівнюється з відносною напругою у колі діодів Д10, Д11, базі тріодів ПТ3, ПТ4, котрі виконують функцію ключів в колах накопичувачів C5 та C6 й вихідних трансформаторів Тр8, Тр9. При досягненні заданої швидкості реле РДТ, яке контролює швидкість двигуна, вимикається, і розмикає коло контактора КП1, вимикаючи динамічне гальмування.

Розрахунок аеродинамічних характеристик вентилятора відбувається за формулами подібності лопатних машин :

$$\frac{H_H}{H_M} = \left(\frac{n_H}{n_M} \right)^2, \quad (2)$$

$$\frac{Q_H}{Q_M} = \frac{n_H}{n_M}, \quad (3)$$

де Q_M, H_M – відносна продуктивність та тиск вентилятора при зміні режиму роботи відносно до номінального;

Q_H, P_H – відносна продуктивність та тиск вентилятора у номінальному режимі роботи.

Підставляючи значення частоти обертання робочого колеса вентилятора n_M при застосуванні АВК у формули (2) та (3), виконали розрахунок аеродинамічних характеристик вентилятора на окремі значення частоти n_M . Результати розрахунків наведені на рисунку 3.

Як видно, ККД вентилятора при застосуванні АВК підвищується з 60 до 81 відсотка, що суттєво впливає на зріст ефективності роботи вентилятора.

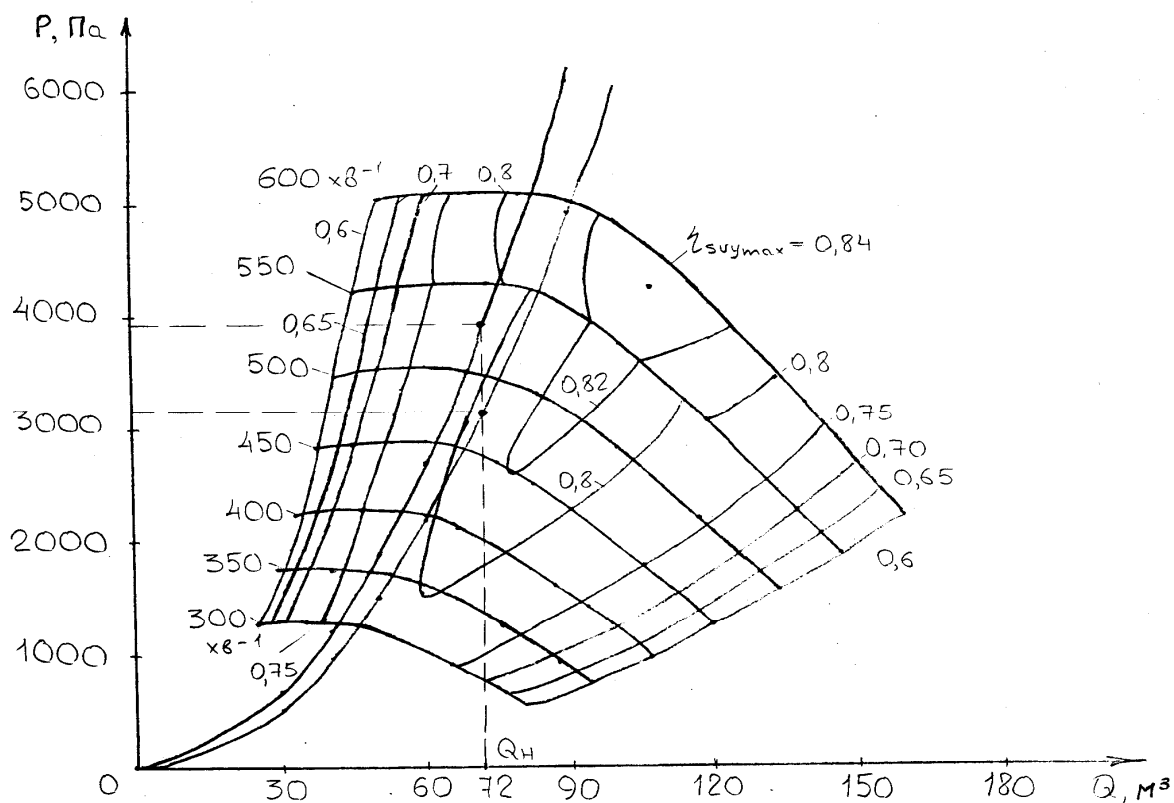


Рис. 3. Аеродинамічні характеристики вентилятора ВЦ-31,5 при регулюванні асинхронно-вентильним каскадом

Отримані результати досліджень показують, що застосування системи регулювання АВК істотно підвищує ефективність існуючих на шахтах ВУГП. Надалі необхідно досліджувати можливість застосування АВК на ВУГП, на яких

застосовані менш ефективні способи регулювання режимів (наприклад, за допомогою закрилків, направляючого апарата й таке інше).

Література

1. **Правила** безпеки у вугільних шахтах. – К.: Держнаглядодоброу праці, 2000. – 496 с.
2. **Керівництво** по проектуванню вентиляції вугільних шахт. – М.: Надра, 1975. – 238 с.
3. **Шахтні** вентиляційні установки головного провітрювання. / Під загал. ред. Г. А. Бабака. – М.: Надра, 1982. – 296 с.
4. **Разумний Ю.Т., Шкрабець В.П.** Підвищення ефективності електропостачання вугільних шахт. К.: Техніка, 1986. – 136 с.
5. **Чершаних В.М.** Системи електроприводу і автоматики шахтних стаціонарних машин та установок. М. : Надра, 1976. – 398 с.
6. **Морозов Н. В.** Довідник по електропостачанню вугільних шахт. М.: Надра, 1984. – 405 с.

Amosov V.A., Marusey O.V.

Development of the control system by the working ventilator of main ventilation of coal mine.

The results of researches, allowing substantially to promote efficiency of work of ventilator, are resulted; the chart of management by a ventilator with the managed frequency of rotation of rotor is developed.

Key words: ventilation, mine, ventilator, efficiency.

Відомості про авторів

Амосов Валерій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри "Гірнична енергомеханіка і обладнання" Донбаського державного технічного університету.

Марусей Ольга Валеріївна – асистент кафедри "Автоматизоване керування технологічними процесами паливно-енергетичного комплексу" Донбаського державного технічного університету.