

*Канд. техн. наук, доц. Амосов В. О.
асистент Марусей О. В.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДЮЧОГО ВЕНТИЛЯТОРА ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ

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

Проблема і її зв'язок з науковими й практичними завданнями.

Реконструкція вугільної промисловості ставить перед гірниками безліч актуальних та важливих проблем економічного та соціального характеру. Однією з них є технічне переобладнання шахти зі застосуванням досконалого та економічного устаткування.

Ця проблема приймає ще більше значення для вентиляційних установок головного провітрювання (ВУГП), які є більш енергоємними з усіх електроспоживачів шахти. Тому велике значення приділяється роботі вентилятора головного провітрювання з якомога можливо більшим коефіцієнтом корисної дії (ККД) для зменшення витрат на електроенергію.

Вугільна шахта відрізняється притаманною кожному гірничому підприємству особливістю постійної зміни положення робочого місця очисних та підготовчих виробок, а також з втратою поперечного перерізу транспортних вентиляційних та допоміжних виробок, що пов'язано з посилюванням гірничого тиску. У шахті також нерідкі випадки втрати утримання кріплення виробок, що супроводжується частковим або повним обваленням породи і завалами перерізу виробок. Усе це призводить до зміни параметрів вентиляційної мережі і 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 досліджень і публікацій. Аналіз вітчизняних і закордонних досліджень показує, що для забезпечення роботи за весь час екс-

платуації 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 являються одним з найбільш енергомістських споживачів електричної енергії серед діючих на сьогодні вугільних шахт, тому електропривод к ним 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].

Постановка завдання. Досліджувати й розробити ефективну схему регулювання режиму роботи ВУГП, що забезпечує підвищення його ККД.

Виклад матеріалу і його результати. При виборі параметрів електроприводу шахтних ВУГП повинні бути врахованими деякі вимоги : потужність обираемого електродвигуна повинна бути більшою, ніж більша вимагаемая потужність за весь час розрахункової роботи ВУГП; втрата напруги при пуску ВУГП не повинна перебільшувати значень, допустимих для нормальної роботи інших споживачів електричної енергії, які живляться від того ж близького джерела, що й проектуемий електропривод; обертаючий момент, розвинений обраним електродвигуном, повинен забезпечити нормальний запуск на протязі усього часу розгону. Обрані двигуни треба перевірити по умовам нагріву при запуску, тому що шахтні ВУГП мають відносно великі пускові моменти.

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

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

де $N_{\text{д.н.}}$ – номінальна потужність приводного електродвигуна;
 $K = 1.1 \div 1.2$ – коефіцієнт запасу потужності електродвигуна;

$N_{B. MAX}$ – 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, відповідаючий 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 струменю й т.п.) може привести до перевантаження приводного електродвигуна й виходу його з роботи.

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 спиняються за її межами.

Експлуатація вентилятора, якій має велику енергомісткість 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 вказали, 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 осьовим направляючим апаратом ОНА (рис. 1). Як видно з рис. 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 $P_{\text{ДВ}} = 800$ кВт [6].

Для запуску електродвигуна використовуються роторні резистори, які набрані у секції та підключені до станції управління.

Але у дійсних умовах не зроблені розрахунки по 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 необхідно прийняти двигун на напругу 10 кВ типу АКД-2-17-76-10УХЛ4, потужністю $P_{\text{ДВ}} = 800$ кВт.

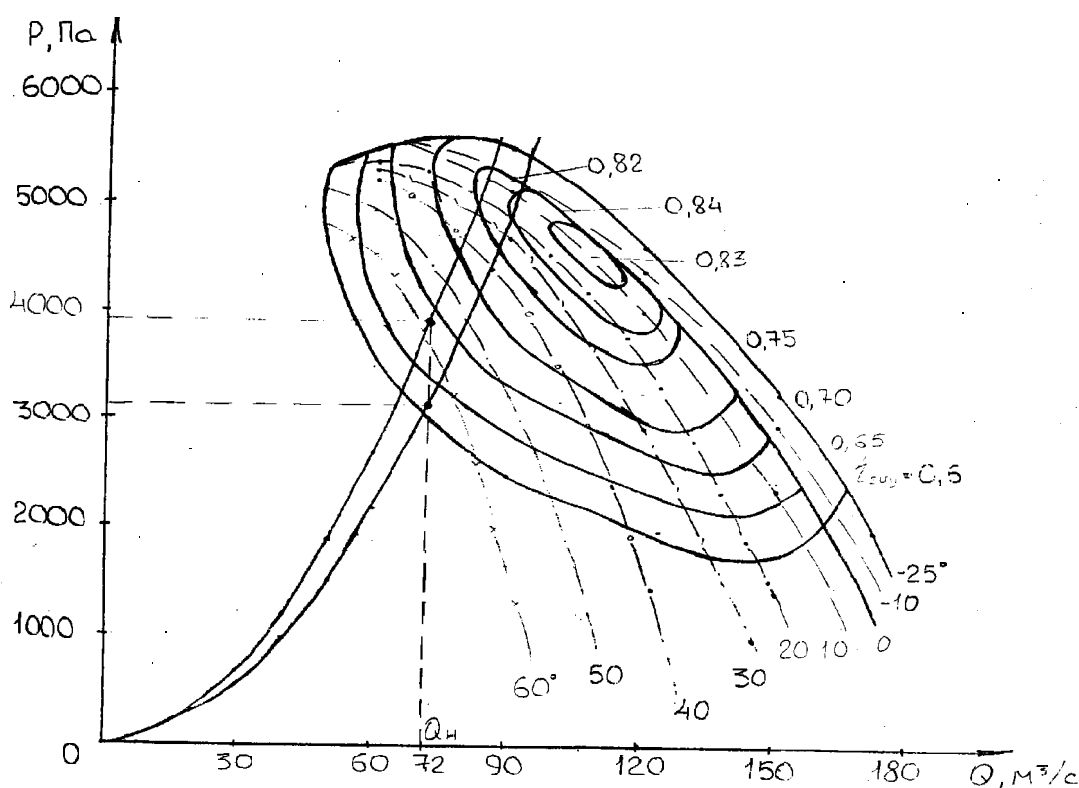


Рисунок 1 – Аеродинамічні характеристики вентилятора ВЦ-31,5 при регулюванні осьовим напрямляючим апаратом ОНА

У зв'язку з тим, що ККД вентилятора дуже низький ($\approx 60\%$) через відносно невелику глибину регулювання подачі та тиску вентилятора (депресії) за допомогою осьового напрямляючого апарата ОНА, то для зменшення затрат електроенергії та збільшення ефективності регулювання зазначеними параметрами приймаємо для регулювання асинхронний вентиляльний каскад (АВК). Багатокількісні дослідження вказують 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 легковикористуємою 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). 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 електрорухоючої сили. Однак, час гальмування приводу регулюється зменшенням постійного заряду конденсатора С13 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 обратного 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 С5 та С6 й вихідних трансформаторах 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 лопасних 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, N_M – відносно продуктивність та тиск вентилятора при зміні режиму роботи відносно до номінального;

Q_H, N_H – відносно продуктивність та тиск вентилятора у номінальному режимі роботи.

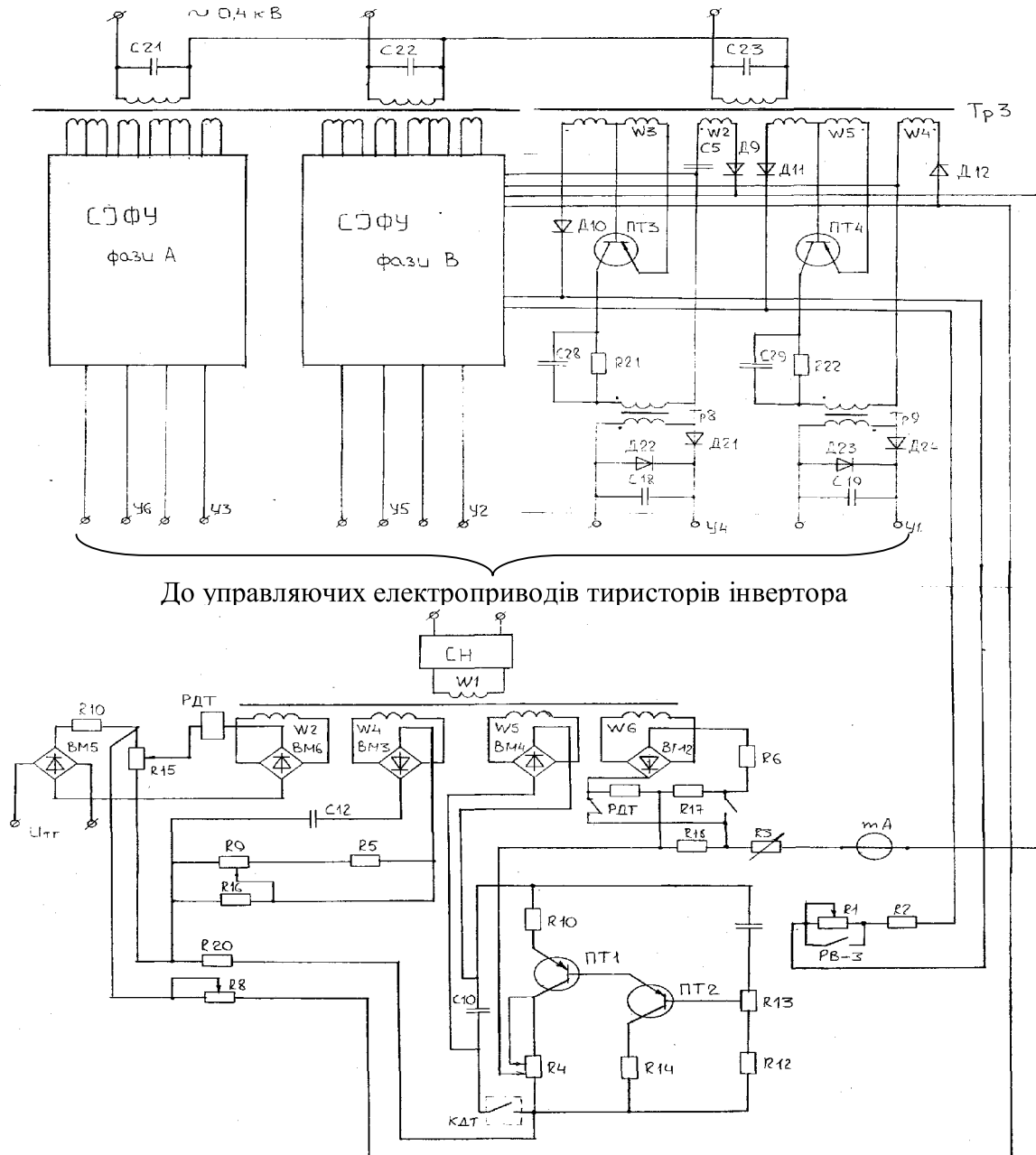


Рисунок 2 – Система імпульсно-фазового управління (СІФУ) інвертора

Підставляючи значення частоти обертання робочого колеса вентилятора n_M при застосуванні АВК у формули (2) та (3), виконаємо розрахунок аеродинамічних характеристик вентилятора на окремі значення частоти n_M . Результати розрахунків приведені на рисунку 3. Як видно, ККД вентилятора при застосуванні АВК підвищується з 60 до 81 відсотка, що впливає на зріст ефективності роботи вентилятора.

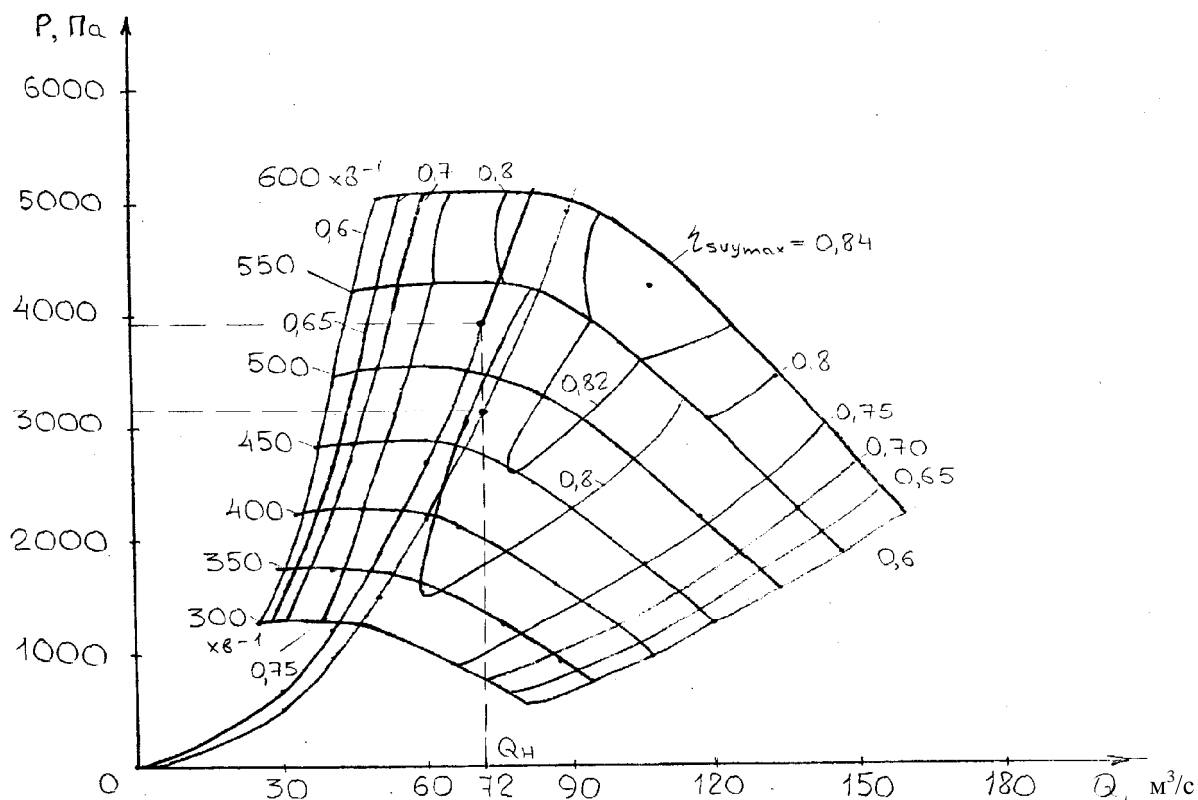


Рисунок 3 – Аеродинамічні характеристики вентилятора ВЦ-31,5 при регулюванні асинхронно-вентильним каскадом

Висновки й напрямки подальших досліджень. 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 закритків, направляючого апарата й ін.).

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

The results of researches allowing essentially to increase an overall performance of the ventilating fan are instanced, the circuit design of steering by the ventilating fan with an adjustable rotational speed of a rotor is developed.

Бібліографічний список

1. *Правила безпеки у вугільних шахтах.* – К.: Держнаглядохоронпраці, 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.* / Ю.Т. Разумний, В.П. Шкрабець. – К.: Техніка, 1986. – 136 с.
5. *Чершаних В.М. Системи електроприводу і автоматики шахтних стаціонарних машин та установок* / В.М. Чершаних, Д. І. Родькин, В.В. Каневський. – М.: Надра, 1976. – 398 с.
6. *Морозов Н. В. Довідник по електропостачанню вугільних шахт.* / Н. В. Морозов. – М.: Надра, 1984. – 405 с.