

УДК 681.5

Казурова А.Є.¹, Томін Д.С.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ КЕРУВАННІ ВІДЦЕНТРОВИМ КОМПРЕСОРОМ

На більшості промислових підприємств в умовах поточного економічного стану та підвищення тарифів на електроенергію скорочення непродуктивних енергетичних витрат відіграє суттєву роль. Оскільки частка компресорних і нагнітальних станцій у балансі енергоспоживання становить 25–30%, а зниження ККД відцентрових машин, що експлуатуються, за рахунок зносу збільшує собівартість стисненого повітря, зниження витрат

при його виробництві дає відчутний економічний ефект. Продуктивність агрегатів регулюється в межах від 100 до 70% номінальної продуктивності [1].

Зниження енергетичних затрат на існуючих компресорній або станції нагнітання можливе за рахунок наступних складових [2]: розширення робочої зони компресора (К) за рахунок зняття обмеження на закриття дросельної засувки в робочому режимі; використання плавного пуску для запуску агрегатів; зменшення навантаження на К в режимі холостого ходу за рахунок переводу його в глибоке дроселювання; інші складові.

Розширення діапазону регулювання. Область регулювання К на невеликих витратах обмежується межею зони помпажу. При заданому тиску нагнітання не можна зменшувати витрату повітря через К менш ніж критичне значення. Положення межі зони помпажу може суттєво змінюватись в залежності від стану атмосферного повітря та технічного стану К. Щоб унеможливити машину від попадання в помпаж встановлюється обмеження, при якому виникнення помпажу на К неможливе. Якщо споживання стисненого повітря знижується за межі регулювання продуктивності, надлишок повітря викидається в атмосферу через помпажний клапан. Якщо скидання надлишкового повітря виробляється в атмосферу – це непродуктивні витрати електроенергії [3]. Розширивши діапазон регулювання продуктивності К, можна виключити скидання повітря в атмосферу за малих витрат і зменшити енергетичні втрати. Знаючи поточне положення зони помпажу та робочої точки К, можна регулювати продуктивність К таким чином, щоб під час руху робочої точки в зону малих витрат максимально наблизити її до межі зони помпажу, не відкриваючи помпажний клапан.

Режим глибокого дроселювання це такий стан турбокомпресора, при якому засувка нагнітання закрыта, клапан помпажу повністю відкритий, дросельна заслінка закрыта. Всмоктування повітря проводиться через зазори дросельної заслінки. У цьому стані, коли кількість повітря, що перекачується К, мінімальна, а помпаж ще не настає, навантаження на К істотно знижується в порівнянні зі штатним режимом холостого ходу [4]. Глибоке дроселювання також значно полегшує пуск К, що є найважчим режимом для К з погляду навантажень на елементи його конструкції.

Плавний пуск. Запуск К з використанням системи плавного пуску дозволяє значно знизити пускові струми двигунів, у мережах з обмеженою потужністю короткого замикання різко зменшити провали напруги мережі при пусках двигуна, істотно знизити електродинамічні зусилля на обмотках двигуна та ударні механічні впливи на механізми. Це збільшує моторесурс агрегату та зменшує витрати енергії на момент пуску. Застосування частотних перетворювачів для управління продуктивністю К має низку переваг [5]: зниження пускових струмів; захист електродвигуна; значна економія електроенергії; немає обмежень щодо кількості пусків на годину;

точне підтримання тиску; не потрібний ресивер великого обсягу; менше механічне зношування К. Таким чином, одночасне регулювання антипомпажним клапаном та швидкістю обертання К забезпечить надійний захист останнього при зниженні втрат енергії стисненого повітря.

Розглядалися методи підвищення енергоефективності роботи відцентрових К, їх застосування в промисловості та покращення ККД при роботі з використанням розширеного діапазону та з використанням систем плавного пуску та можливостей керування К.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cravero C. Instability Phenomena in Centrifugal Compressors and Strategies to Extend the Operating Range : A Review / C. Cravero, D. Marsano // *Energies*. – №17. – 2024. – 1069.
2. Цабенко М.В. Системи антипомпажного керування відцентровим компресором / М.В. Цабенко // «Електротехніка». – 2016. – С. 35–41.
3. Aben E.H. Bifurcation analysis of surge and rotating stall in axial flow compressors / E.H. Aben, P.K. Houpt, W.M. Hosny // *Journal of Turbomachinery*. – № 115. – 1993. – P. 724–817.
4. Cortinovis A. Model Predictive Anti-Surge Control of Centrifugal Compressors with Variable-Speed Drives / A. Cortinovis, D. Pareschi, M. Mercangoez, T. Besselmann // *IFAC Workshop on Automatic Control in Offshore Oil and Gas Production*, Norwegian Univ. of Science and Technology, May 31 - June 1, 2012.
5. Alsuwian T. A review of anti-surge control systems of compressors and advanced fault-tolerant control techniques for integration perspective / T. Alsuwian, A.A. Amin, M.S. Iqbal, M.T. Maqsood // *Heliyon*. – №9. – 2023.