

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА КИСНЕВОГО КОНЦЕНТРАТОРА

Артемчук І.О., студент, Пушкар М.В., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Пандемія коронавірусу, та ускладнення викликані впливом цього захворювання на дихальну систему людей викликало величезний попит на системи постачання кисню для тих людей, котрі мають ускладнення дихання, що спричинюють низький рівень кисню в крові (сатурацію). Сучасні системи забезпечення киснем пацієнтів використовують три способи доставки кисню [1, 2]: балони зі стисненим киснем, балони зі зрідженим киснем, та кисневі концентратори. З точки зору пожежної безпеки, обслуговування та комфорту експлуатації саме кисневі концентратори набирають все більшої популярності, хоча і мають високу ціну. Портативні кисневі концентратори дозволяють значно підвищити якість життя пацієнта, їх можна використовувати, як в умовах стаціонару, так і вдома, існує можливість брати їх з собою. Аналізуючи ринок цих пристроїв в Україні можна зробити висновок, що в продажі є тільки зразки іноземних виробників, які або мають дуже високу вартість, або мають низьку мобільність та автономність. Вітчизняні підприємства виробляють лише промислові концентратори високої потужності, для стаціонарного застосування на підприємствах та в великих лікарнях. Також існують прототипи портативних концентраторів вітчизняних фірм, але вони не виробляються серійно. Тому актуальним є вивчення можливості створення кисневого концентратора українського виробництва, причому за можливості, зменшити його вартість, та збільшити автономність і мобільність пристрою.

Мета досліджень. Створити концепцію електромеханічної системи кисневого концентратора, з метою подальшої розробки дослідного зразка та дослідження його робочих режимів.

Матеріали досліджень. Сучасні переносні кисневі концентратори працюють в двох режимах: імпульсному, в залежності від індивідуальних особливостей дихання пацієнта, та в потоковому, для роботи в період сну пацієнта, при цьому кисень рівномірно розподіляється по всій повітряній суміші. Кисневий концентратор адсорбує азот, вуглекислий газ та інші складові з повітряної суміші, та видає кисень, який подається пацієнту.

В основі принципу роботи лежать принципи адсорбції змінного тиску та селективної адсорбції повітряної суміші через цеолітові молекулярні решітки [3]. Ефект розділення повітряної суміші також базується на різниці в силах зв'язування з адсорбуючим матеріалом, отже такі хімічні компоненти як кисень майже не поглинаються через низьку полярність, в той час, як молекули азоту, вуглекислоти та водяна пара можуть бути адсорбовані з повітряного потоку, внаслідок чого отримується кисень високої концентрації [4].

Функціональна схема електромеханічної системи кисневого концентратора зображена на рис. 1.

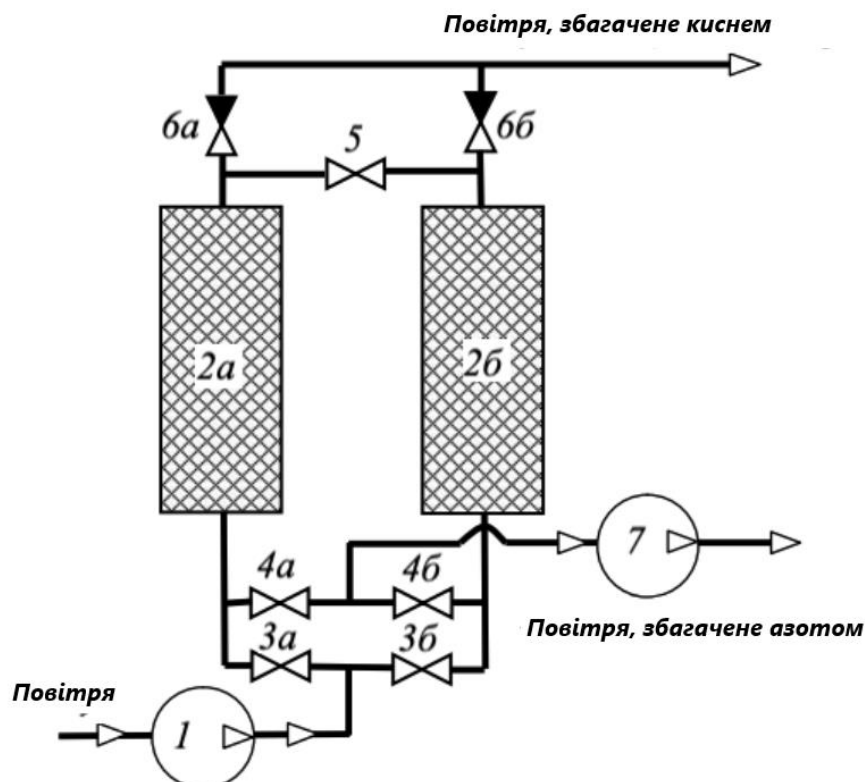


Рисунок 1 – Функціональна схема електромеханічної системи кисневого концентратора, де: 1 – компресор; 2а та 2б – адсорбери; 3а, 3б, 4а, 4б – клапани; 5 – дросель; 6а та 6б – зворотні клапани; 7 – вакуумний насос.

На вході потік повітряної суміші стискається компресором 1 до тиску адсорбції, в якості компресора пропонується використати дво-поршневий безмасляний компресор, або компресор відцентрового типу із живленням від джерела з напругою 12В. Стиснене повітря поступає на адсорбер 2а, який заповнено цеолітним адсорбентом, де впродовж деякого періоду часу адсорбується азот. Процес адсорбції відбувається із виділенням тепла, яке накопичується в адсорбенті і використовується для його подальшої регенерації. В отриманій кисневій суміші, позбавленій азоту за допомогою клапана 5 знижується тиск, до межі тиску десорбції, що створюється вакуумним насосом 7, та направляється зустрічним потоком в адсорбер 2б для десорбції азоту з адсорбента. В результаті регенерація адсорбенту відбувається в адсорбері 2б. А при закритті клапанів 3а і 4б та відкриванні клапанів 3б і 4а відбувається десорбція азоту в адсорбері 2а та адсорбція азоту в адсорбері 2б. При повороті клапанів в протилежне положення цикл повторюється [4-6].

Далі для рівномірної подачі кисню до пацієнта необхідний резервуар для накопичення кисню, та пристрій для регулювання його подачі. В існуючих системах це або звичайний вентиль, або з електроклапан, який автоматично регулюється за сигналом з датчику повітряного потоку.

В рамках подальших досліджень пропонується розробити систему керування для запропонованої електромеханічної системи кисневого концентратора, яка на основі спеціальних алгоритмів [5] та інформації від датчиків тиску в адсорберах, датчику концентрації кисню та датчика витрат

вихідного кисневого потоку, а також даних про сатурацію пацієнта, зможе автоматично підтримувати задану концентрацію кисню і продуктивність [6-7].

Використання в запропонованій концепції компресора з живленням від джерела напругою 12В дозволить використовувати концентратор, не тільки там, де є доступ до електричної мережі, але й в автомобілях швидкої допомоги та автономно при використанні живлення від акумуляторів. Це дозволить знизити вартість пристрою і зробити його мобільним, що розширить сфери його застосування.

Висновки. Представлена в цій статті концепція електромеханічної системи кисневого концентратора дозволяє розробити кисневий концентратор з оптимальним співвідношенням масогабаритних показників та автономності. Використання блоку керування на основі програмованого контролера дозволить покращити експлуатаційні характеристики пристрою. Це позитивно вплине на якість життя користувачів та в умовах високого попиту на кисневі концентратори під час пандемії дозволить задовольнити попит на такі прилади. Подальші дослідження електромеханічної системи будуть спрямовані на вивчення можливості керування процесом подачі повітряної суміші без використання дорогих датчиків потоку.

Перелік посилань

1. B. D. Bradley, Y. Cheng, E. Nyassi, D. Peel and S. R. C. Howie, "An evidence-based approach to developing a training programme for the maintenance of oxygen concentrators in low-resource settings," *Appropriate Healthcare Technologies for Low Resource Settings (AHT 2014)*, London, 2014, pp. 1-5.
2. B. Bradley, Y. Cheng, D. Peel, S. Mullally and S. Howie, "Assessment of Power Availability and Development of a Low-Cost Battery-Powered Medical Oxygen Delivery System: For Use in Low-Resource Health Facilities in Developing Countries," *2011 IEEE Global Humanitarian Technology Conference*, Seattle, WA, 2011, pp. 148-153,
3. Oxygen devices and delivery systems / Hardavella G., Karampinis I., Frille A. [and etc] // *Breathe*. – 2019. – №15. – P. 108–116.
4. Akulinin E. I. Optimization of energy-saving vacuum pressure swing adsorption unit // *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2015 (Albena, Bulgaria June 2015)*. – Albena, 2015. – P. 1-7.
5. S. Kim, H. Kim and D. Moon, "A Controller Design for Oxygen Concentrator," *2020 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*, Barcelona, Spain, 2020, pp. 1-3,
6. R. K. Jha, "Air Quality Sensing and Reporting System Using IoT," *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, Coimbatore, India, 2020, pp. 790-793
7. M. D. Urich, R. R. Vemula and M. V. Kothare, "Multi-Model Predictive Control of a novel Rapid Pressure Swing Adsorption system," *2017 American Control Conference (ACC)*, Seattle, WA, 2017, pp. 4392-4397