

УДК 621-82 (031)

Гідралічна система штучного реабілітаційного серця

Ситнюк Георгій Олегович, Губарєв Олександр Павлович

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Анотація: Розроблено схеми систем керування штучним реабілітаційним серцем – мембранною камерою. Розглянуто проблеми, пов’язані з використанням таких систем. Розглянуто електропневматичну схему керування мембранною камерою. Наведено її короткий опис. Розглянуто недоліки цієї системи. Запропоновано рішення по виправленню недоліків електропневматичної системи, зокрема зниження рівня шуму, зменшення шансів прориву мембрани при перевищенні тиску в мембранній камері, підвищення мобільності системи. Розглянуто гідравлічну систему керування мембранною камерою. Наведено її короткий опис. Описано особливості роботи такої системи та описано схемне рішення. Запропоновано у якості робочої рідини використовувати ізотонічний розчин.

Наведено короткий опис мембранної камери, її будову та принцип дії. Наведено основну мету при розробці систем керування штучним реабілітаційним серцем - мембранною камерою та характеристики, на які необхідно вийти при випробуванні цих систем. Інформація наведено на основі дослідів.

Ключові слова: штучне реабілітаційне серце; мембранна камера; система керування; гідравліка; пневматика; електропневматика; гідравлічний привод; серце.

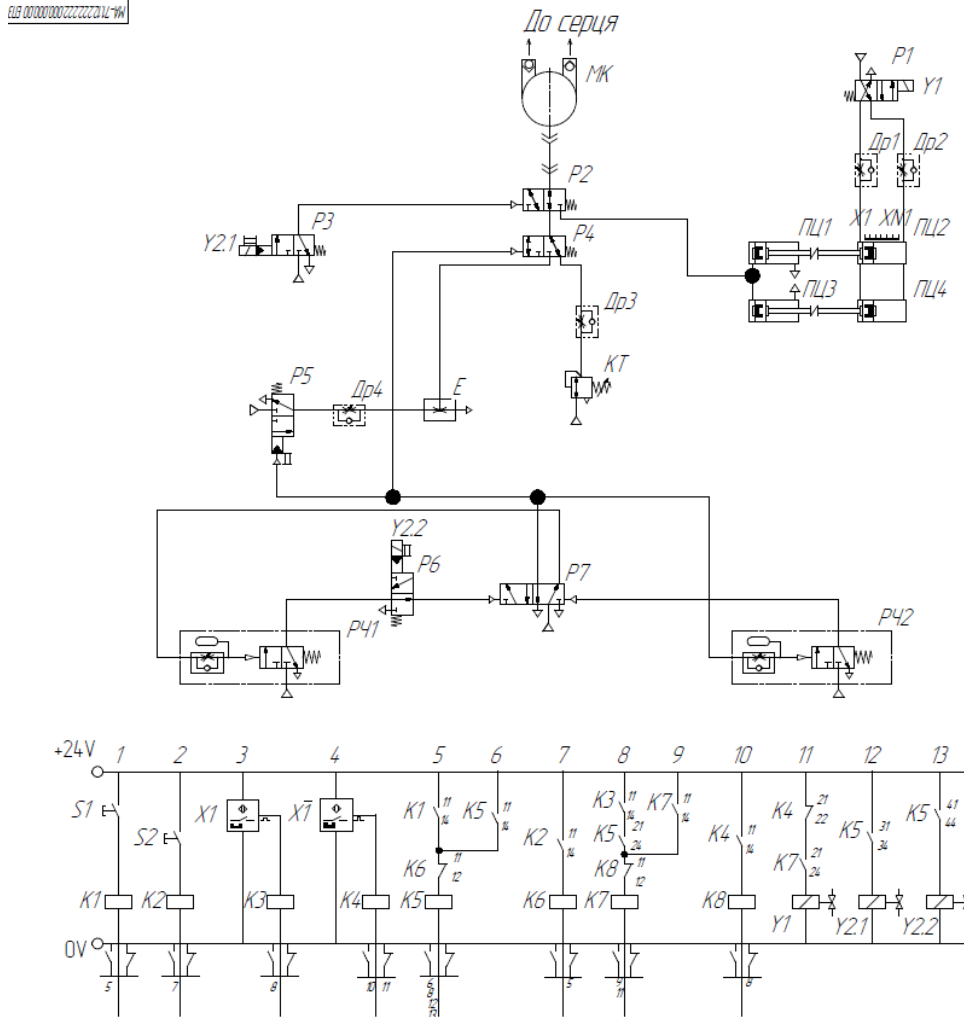


Рис. 1. Система керування штучним реабілітаційним серцем – мембранною камерою. Схема електропневматична принципова

Для забезпечення виживання людини із хворим серцем у період очікування донора використовуються штучні реабілітаційні серця – спеціальні мембранні камери [1]. Вони під'єднуються до хворого серця людини і підкачують кров. Представляють собою об'ємну машину, що складається безпосередньо з камери, мембрани, що розділяє два середовища, та двох зворотних клапанів. Мають три під'єднання: два з них під'єднуються до серця, містять зворотні клапани, і через них тече кров людини; інше під'єднання – керуюче.

Задля прокачування крові, а отже і для осциляції мембрани, через керуюче під'єднання до камери необхідно накачувати та відкачувати робоче тіло. У якості робочого тіла може використовуватися газоподібне [2] або рідке середовище. Відповідно, система керування мембранною камерою може бути пневматичною або гідравлічною (або електропневматичною чи електрогідравлічною).

Нашою метою є забезпечити послідовне наповнення і спорожнення мембранної камери із заданою частотою при різних робочих об'ємах мембранних камер.

Для керування мембранною камерою розроблено електропневматичну систему керування (рис. 1). Система містить також пневматичну підсистему, яка працюватиме у випадку відключення електричного живлення на енергії стиснутого повітря.

У звичайному режимі (при спрацьованому У2.1 та переключеному розподільнику Р2) система працює від електроживлення. Із заданою частотою перемикається розподільник Р1, і пневматичні циліндри ПЦ2 та ПЦ4, спрацьовуючи, пересувають через штоки поршні циліндрів ПЦ1 та ПЦ3. Останні два пневмоциліндра накачують та відкачують повітря з мембранної камери МК.

При відключенні електроенергії розподільник Р3 перемикається у вихідне положення, а з ним і розподільник Р2. Підключається пневматична підсистема. Реле часу РЧ1 та РЧ2 задають частоту переключення розподільника Р4, а відповідно і пульс. Повітря висмоктується з камери за допомогою ежектора Е. У такому режимі система працює поки не впаде тиск у ресивері.

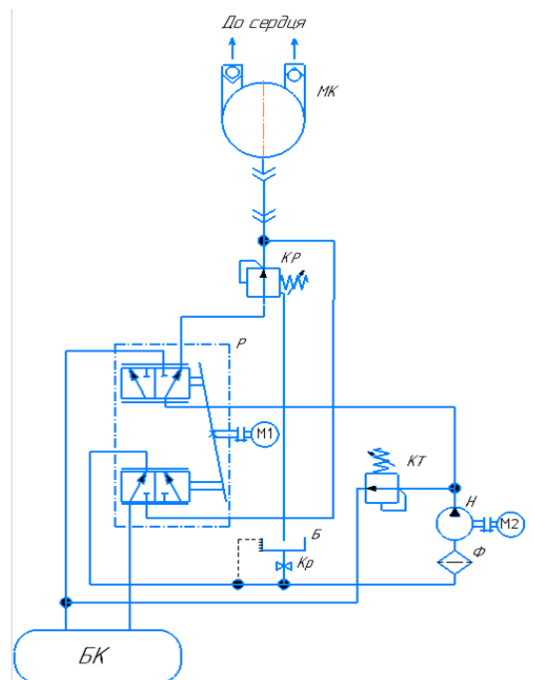


Рис. 2. Система керування штучним реабілітаційним серцем – мембранною камерою. Схема гідравлічна принципова

Така система не може бути мобільною. Наявність ресивера та пневматичних циліндрів надає обмеження по габаритах і масі. Також недоліком цієї системи буде шум, що створюється при переключенні розподільників.

При прориві мембрани в аварійних ситуаціях кров людини вилитиметься у трубопровід. Якби робочим тілом була рідина, це дозволило б і далі перекачувати кров людини, поки вона їде у лікарню. У цьому випадку можна було б застосувати у якості робочої рідини ізотонічний розчин, і тоді така система була би повністю сумісна із серцево-судинною системою людини. Таким чином, існують підстави для створення гідравлічної системи (рис. 2).

Для зменшення рівня шуму прийнято рішення забезпечення розподілення робочого тіла обертовим розподільником, що обертатиметься в одному напрямку. На схемі (рис. 2) розподільник Р показано, ніби він працює за принципом аксіально-плунжерної гідромашини з похилою шайбою. При обертанні валу розподільника пропорційні розподільчі елементи перемикаються за один півоберт валу. Таке позначення є умовним і не дає точного представлення про фізичну реалізацію розподільника.

Рідина послідовно перекачується насосом Н через розподільник Р від мембранної камери МК до буферної камери БК і назад. Розміри буферної камери не мають сильно перевищувати розміри мембранної камери.

У системі передбачено клапан редуційний КР, що закриватиметься при перевищенні тиску в мембранній камері МК, та зливатиме залишкову рідину в бак Б. Це повинно зменшити шанси прориву мембрани при перевищенні тиску в мембранній камері [3]. Габарити і сумарна маса гідравлічної апаратури мають дозволити зробити систему мобільною. Слід також зазначити, що дана система може використовувати також газоподібне робоче тіло.

Створені системи мають забезпечувати керування мембранними камерами, робочим об'ємом 30, 50, 70, 100 см³, забезпечуючи пульс від 40 до 80 уд/хв.

Список літератури

1. Application of a PExSim for modeling a POLVAD artificial heart and the human circulatory system with left ventricle assistance, Alicja Siewnicka, Bartłomiej Fajdek, Krzysztof Janiszowski.
2. Automatic Control System for Ventricular Assist Device, Bartłomiej Fajdek, Krzysztof Janiszowski
3. Абрамов Е.И. Колесниченко К.А. Элементы гидропривода, К.:Техніка., 1977, 320 с.

Hydraulic system for the artificial rehabilitation heart

Heorhii Sytniuk, Aleksandr Gubarev

Abstract: Schemes for the artificial rehabilitation heart - membrane chamber control systems are developed. Issues related to the use of such systems are discussed. The electropneumatic control scheme for the membrane chamber is considered. A brief description is given. The disadvantages of this system are considered. The decision on correction of shortcomings of electropneumatic system, in particular decrease in noise level, reduction of chances of break of a membrane at excess of pressure in a membrane chamber, increase of mobility of system is offered.

The hydraulic control system for the membrane chamber is considered. A brief description is given. The peculiarities of such a system are described and the circuit solution is described. It is proposed to use an isotonic solution as a working fluid.

A brief description of the membrane chamber, its structure and principle of operation is given. The main purpose in the development of artificial rehabilitation heart - membrane chamber control systems and the characteristics that must be achieved when testing these systems. The information is based on experiments.

Keywords: artificial rehabilitation heart, hydraulic system, artificial circulatory system, ventricular assist device (VAD), heart, hydraulics, hydraulic drive, membrane chamber, valve, pneumatics, electropneumatics, fluid mechanics, fluid.