

УДК 621.438:165

Електронна система керування тиском в мережі водопостачання

Соїч А.В., Бевза О.М.

Кожному споживачу води хочеться аби доступ до цієї води був постійно, у будь який момент часу, і щоб ця вода не ледь капала, а подавалася під певним тиском. Саме тому було розроблено системи водопостачання, в них реалізується велика кількість складних процесів, що роблять водопостачання найбільш зручним як для постачальника, так і для споживачів.

Технічне завдання: Розробити систему керування тиском для населеного пункту з об'єми споживання близько 700 м³/год. Територія доволі горбиста. Присутні багатоповерхові будови (до 9 поверхів) відповідно тиск у трубопроводі приблизно має бути 5 Атм. По можливості зменшити гідроудари.

Проведемо огляд можливих систем керування тиском.

Найстаріша система – це башта Рожновського (Рис.1.а). Але вона не підходить для вирішення даного технічного завдання, адже вона не зможе забезпечити достатні об'єми води ще й під сталим

тиском (особливо для багатоетажних забудов) [1].

Керування за допомогою електроконтактних манометрів (Рис.1. б) – теж не підходить, через присутність великих гідроударів, а також ручне регулювання тиску [2].

Керування за допомогою запірної арматури (Рис.1.в) – взагалі найгірше керування, адже воно повністю ручне. Також створюється нерівномірних тиск у мережі. Але запірну арматуру можна використати як кран, що можна перекрити для ремонтних робіт абощо (якщо звісно дозволять кошти).

Для даного технічного завдання було обрано перетворювач частоти (ПЧ), адже він чудово підходить під задане технічне завдання – через можливість підключення будь-якого двигуна ПЧ дозволяє створювати будь який тиск і видавати будь які об'єми. Також відсутні гідроудари. Відмінністю від інших систем є те, що ПЧ здатен економити електроенергію [3].

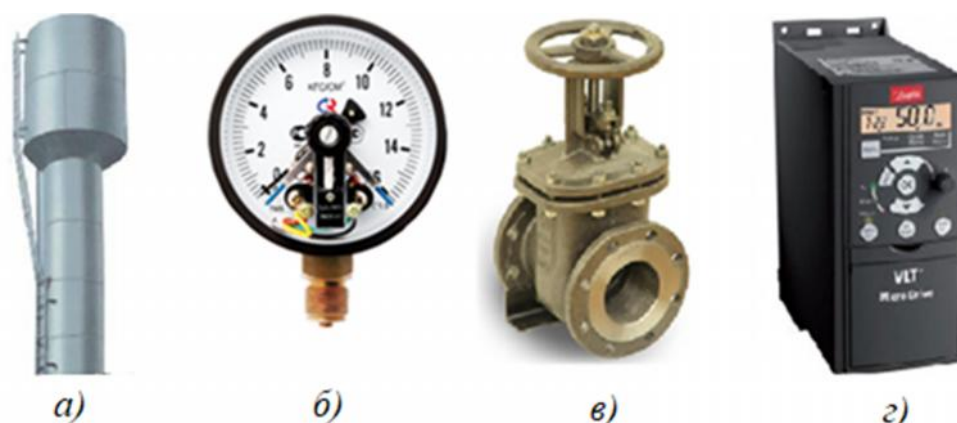


Рис.1. Існуючі системи керування тиском в мережі водопостачання

1 – башта Рожновського; 2 – електроконтактний манометр; 3 – запірня засувка; 4 – перетворювач частоти.

1. Електронасосний агрегат

Електронасосний агрегат складається з насоса та електродвигуна. Для підйому води оберемо електронасосний агрегат, що буде задовольняти умови технічного завдання.

Отже, було обрано насос Д800/56 ($V = 800 \text{ м}^3/\text{год}$, $p = 56 \text{ м}$, $f = 1500 \text{ об/хв}$). Відповідно до технічного завдання і параметрів насоса було підібрано електродвигун АИР315S4 ($P = 160 \text{ кВт}$, $f = 1500 \text{ об/хв}$, $U = 380 \text{ В}$).

2. Перетворювач частоти

Перетворювач частоти управляє електричним двигуном. Регулювання швидкості обертання двигуна здійснюється зміною частоти напруги живлення, що

подається на двигун від перетворювача частоти.

В асинхронному електричному двигуні частота обертання ротора у сталому режимі відрізняється від частоти обертання магнітного поля на величину ковзання. Частота обертання магнітного поля залежить від частоти напруги живлення. При живленні обмотки статора електричного двигуна трифазною напругою, із певною частотою, створюється обертове магнітне поле. Таким чином, частота обертання ротора асинхронного двигуна залежить від частоти напруги живлення.

Змінюючи за допомогою перетворювача частоту на вході двигуна, ми регулюємо частоту обертання ротора [4].

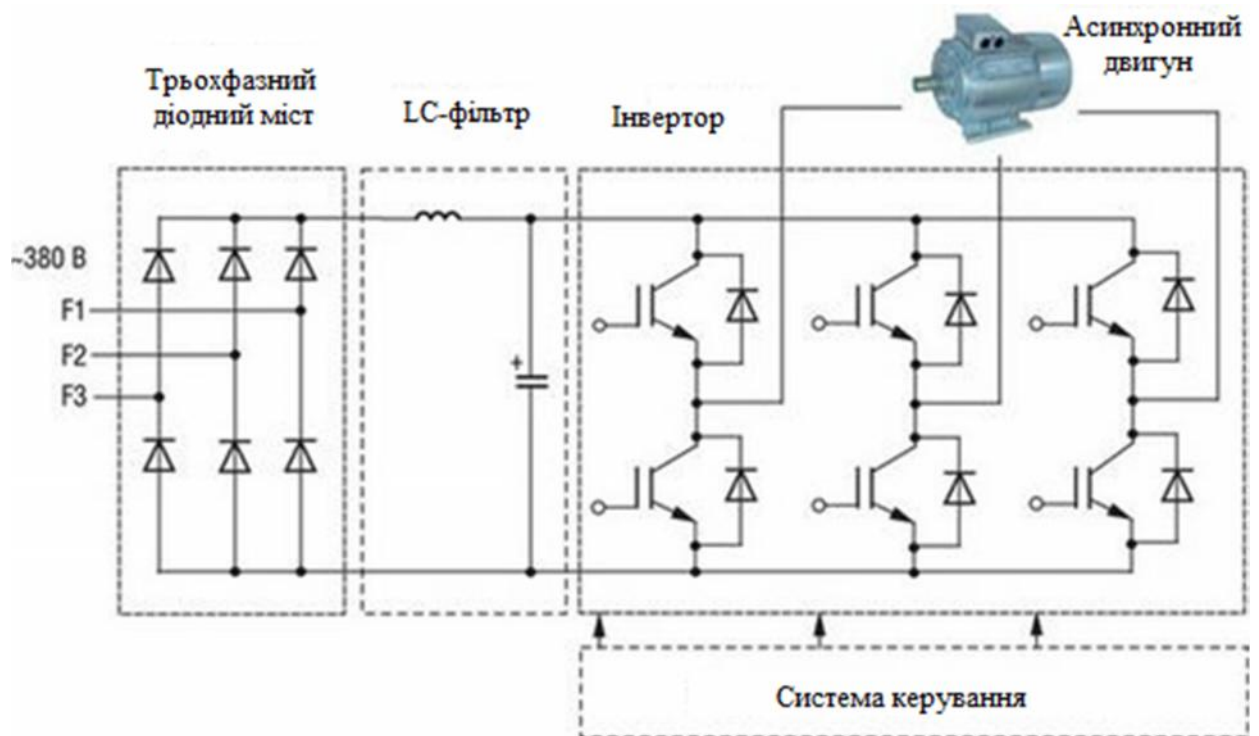


Рис.2. Структурна схема ПЧ підключеного до двигуна

Як видно з Рис.2. першою ланкою є трифазний діодний міст. Він живиться від трифазної напруги, тобто $U_{ex} = 380 \text{ В}$. Тоді на виході діодного мосту, матимемо

$$U_d = U_{ex} \cdot \sqrt{2} = 380 \cdot \sqrt{2} = 537,4 \approx 540 \text{ В}.$$

Наступна ланка – проміжна ланка (фільтр). В Г-подібному LC-фільтрі змінна складова випрямленої напруги знижується через згладжуючу дію C_ϕ і падіння її на L_ϕ . Далі було підібрані номінали конденсатора та котушки щоб забезпечити коефіцієнт згладжування $S = 40$: $L_\phi = 2 \text{ мГн}$; $C_\phi = 6 \text{ мФ}$ [5].

Трифазний мостовий інвертор. Автономний інвертор напруги перетворює постійну напругу, що подається на його вхід, в пропорційну за величиною змінну напругу. Знаючи параметри електродвигуна було розраховано амплітудні значення струму і напруги на ключах (транзисторах): $I_{K \max} = 312,8 \text{ А}$, $U_{K \max} = 540 \text{ В}$ [6].

Для надійності рекомендується брати отримані значення на 40% більші. Отже, для даного завдання було обрано наступний IGBT модуль – 6MBI450V-120-50 (Напруга колектор-емітер $V_{CE} = 1200 \text{ В}$, напруга база-емітер V_{GE} до 20В, струм колектора $I_c = 450-900\text{А}$) [7].

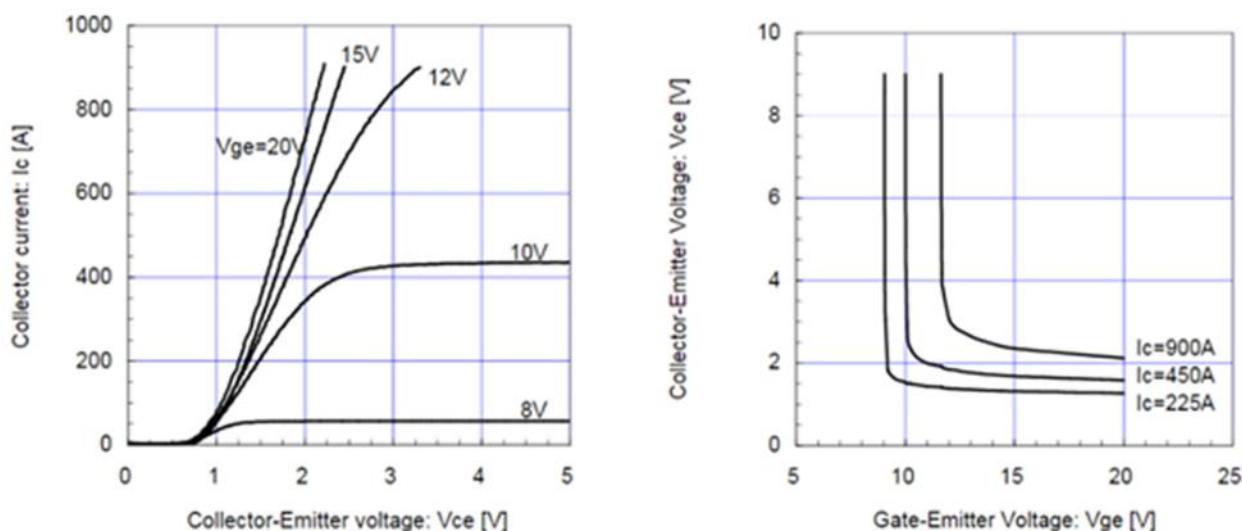


Рис.3. Деякі характеристики 6МВІ450V-120-50 при $T= 25^{\circ}\text{C}$ [7]

Ліворуч – залежність струму колектора від напруги колектор-емітер;

Праворуч – залежність напруги колектор-емітер від напруги затвор-емітер.

Система керування – четвертий головний елемент перетворювача частоти. Для даного ПЧ було обрано векторне керування. Серед систем векторного керування було обрано систему зі зворотнім зв'язком, знову ж таки через її точність (до $\pm 0,02\%$).

Векторне керування реалізується за рахунок двох складових струму (I_w – струм ротора та I_R – струм, що створює магнітний потік). Однак через певні складності обчислень на основі динамічної моделі електродвигуна, такі обчислення реалізуються за допомогою ПД-регуляторів [7].

Маємо, насосну систему, в якій швидкість насоса регулюється таким чином, щоб статичний тиск в трубопроводі залишалося постійним. Перетворювач частоти (вчасності ПД-регулятор) отримує сигнал зворотного

зв'язку від датчика, встановленого в системі. Сигнал зворотного зв'язку порівнюється з величиною завдання уставки і визначає неузгодженість (помилку) між цими сигналами, якщо таке існує. Щоб усунути неузгодженість – привід змінює швидкість обертання двигуна, за допомогою ШІМ на базах транзисторів IGBT-модуля.

Задане значення статичного тиску є сигналом завдання для перетворювача частоти. Датчик тиску вимірює поточний статичний тиск в трубопроводі і подає вимірне значення на перетворювач частоти в якості сигналу зворотного зв'язку. Якщо сигнал зворотного зв'язку більше завдання уставки, перетворювач частоти сповільнює обертання, знижуючи тиск. Аналогічно, якщо тиск в трубопроводі

нижче завдання уставки, перетворювач частоти збільшує швидкість, збільшуючи тиск, створений насосом.

Висновки

Проаналізувавши технічне завдання, було розроблено систему керування тиском в мережі водопостачання. У відповідності до технічного завдання було обрано електронасосний агрегат, виходячи з параметрів електродвигуна було розраховано параметри самого перетворювача частоти (а саме: трифазного випрямляча, LC-фільтру, інвертора). Виходячи з параметрів інвертора було обрано IGBT-модулі з підходящими параметрами. Керування інвертором здійснюється за допомогою векторної системи керування.

Література

1. Петько В.Г. Водонапорные башни Рожновского – Москва: Lambert Academic Publishing, 2012. – 128 с.
2. Мульов Ю.В. Манометры – Москва: AFRISO, 2003. – 277 с.
3. Новиков Г.В. Частотное управление асинхронными

электродвигателями – Москва: МГТУ ім. Баумана, 2016. – 55 с.

4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием – Москва: АКАДЕМИЯ, 2006. – 272 с.
5. Расчет выпрямителя [Электронный ресурс] : [Методичні вказівки до занять по курсу електроніки]/ Харламов В.В., Сергеев Р.В. – 2007 – режим доступу до сайту: <https://studfiles.net/preview/2893428/>. – Назва з екрану.
6. Гельман М.В., Дудкин М.М. Преобразовательная техника – Челябинск: ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
7. Схема управления преобразователя частоты [Электронный ресурс]: [Стаття про керування електродвигуном] /ЭлектроТехИнфо – 2008 – режим доступу до статті: http://www.eti.su/articles/elektroprivod/elektroprivod_776.html.