

**Лісовець С.М.**

<https://orcid.org/0000-0003-3643-046X>

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського

**Дроменко В.Б.**

<https://orcid.org/0000-0002-6360-0076>

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ РЕЛЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

Міське господарство містить складний комплекс підприємств, організацій і установ, який повинен забезпечувати життєдіяльність населення міста, задовольняючи його потреби в побутових, комунальних, соціальних і культурних послугах, а також у виробничій діяльності. Така життєдіяльність полягає, зокрема, в забезпеченні надійного газо-, електро-, тепло- і водопостачанням, а також водовідведення. В свою чергу, надійність функціонування міського господарства невід'ємно пов'язана з його автоматизацією, основу якої звичайно становлять програмовані контролери і програмовані реле. Проведене дослідження, враховуючи постійно зростаючі потреби міських господарств у надійних системах керування, було присвячено використанню в таких системах програмованих реле ПР102 і безкоштовного середовища для програмування таких реле AQLogic в якості заміни схем на "жорсткій логіці", до яких можна віднести схеми на TTL і CMOS логічних елементах, а також на механічних реле. В дослідженні було послідовно розглянуто найпростіші системи керування відкриттям і закриттям воріт, штучним освітленням і припливно-витяжною вентиляцією. Такий розгляд полягав у підборі необхідних датчиків, проєктуванні схем електричних підключень до ПР102 живлення, вхідних і вихідних ланцюгів, а також в програмній реалізації відповідних алгоритмів на мові FBD. Мова FBD, як невід'ємна програмна складова ПР102, мала всі необхідні для реалізації систем керування логічні, арифметичні, зсувні і інші функції, а також всі необхідні для такої реалізації функціональні блоки (тригери, таймери, лічильники тощо). Проведене дослідження показало ефективність, перспективність і, як наслідок, доцільність використання програмованих реле (які по суті є спрощеними версіями програмованих контролерів з обмеженими функціональними можливостями) в системах керування, що застосовуються в міському господарстві. Переваги програмованих реле, типовим представником яких є ПР102, полягають у невеликій вартості, простоті програмування, підтримці кількох типів вхідних і вихідних сигналів та інтерфейсів.

**Ключові слова:** алгоритм, датчик, міське господарство, програмоване реле, середовище програмування, система керування, схема підключення.

**Постановка проблеми.** Як відомо, міське господарство – це складний комплекс підприємств, організацій і установ, розташованих у певному місті, які забезпечують життєдіяльність населення цього міста, задовольняючи його потреби в побутових, комунальних, соціальних і культурних послугах, а також у виробничій діяльності [1, 2]. Наприклад, комунальне господарство, як частина міського господарства, опікується переважно газо-, електро-, тепло- і водопостачанням, а також водовідведенням. Покращення якості

роботи такого господарства нерозривно пов'язано з поняттям автоматизації діяльності міського господарства, яка полягає у використанні різноманітних технічних пристроїв і програмного забезпечення до них для виконання завдань, які раніше потребували людської праці [3–6]. До таких технічних пристроїв відносяться програмовані контролери і програмовані реле. Програмовані контролери від програмованих реле відрізняються більш складною будовою (зокрема, підтримкою більшої кількості мов програмування і більшою кількістю



інтерфейсів) – тому їх, загалом, доцільно використовувати для керування складними виробничими процесами. Вартість програмованих контролерів також є більшою. Програмовані реле, які мають більш простий “функціонал” і відповідно меншу вартість, більше підходять для таких нескладних завдань, як відкриття і закриття воріт, керування штучним освітленням в приміщеннях і коридорах, керування припливно-витяжною вентиляцією і т. д. Отже, автоматизація діяльності міського господарства шляхом застосування програмованих реле представляє собою актуальне завдання, поступове розв’язання якого (тобто перехід на використання в міському господарстві відповідних програмованих реле) дозволить підвищити керуємість таким господарством, а також зекономити фінансові, людські і інші ресурси.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Програмовані реле випускаються багатьма світовими виробниками засобів обчислювальної техніки. Їх використання в багатьох випадках є економічно обґрунтованим – дуже часто застосувати одне або одночасно кілька програмованих реле буде дешевше, ніж спроектувати і в подальшому виготовляти свою власну, навіть невелику, систему керування. Типовим представником програмованих реле є продукція Siemens AG: базові модулі LOGO! Basic і LOGO! Pure та модулі розширення до них LOGO! (хоча вони мають назву “програмовані контролери”, але звичайно позиціонуються як програмовані реле). Для програмування LOGO! Basic і LOGO! Pure використовується середовище розробки програмного забезпечення LOGO! Soft Comfort – таке середовище є платним, хоча для ознайомлення з ним можна користуватися його безкоштовною демо-версією.

Серед вітчизняних виробників виготовленням програмованих реле займається ТОВ “АКУ-ТЕК” – зокрема, воно випускає моделі програмованих реле ПР102 (відносно нова розробка) і ПР200 в кількох різних виконаннях, а також модулі розширення входів і виходів ПРМ для них теж в кількох різних виконаннях (див. рис. 1).

Середовище програмування AQLogic таких реле є безкоштовним. Незважаючи на відносно невелику кількість вбудованих FBD-функцій і FBD-функціональних блоків, AQLogic дозволяє вирішувати практично будь-які нескладні завдання щодо керування відкриттям/закриттям, штучним освітленням, вентиляцією і т. д. Також AQLogic дозволяє використовувати ST-функції, які розроблені програмістом, що суттєво збільшує програмні можливості такого середовища.



Рис. 1. Зовнішній вигляд програмованого реле ПР102 (модифікація 06)

**Постановка завдання.** Метою проведеного дослідження було проведення усестороннього аналізу програмних можливостей середовища AQLogic на прикладах реалізації кількох систем керування, які можуть бути застосовані в міському господарстві (наприклад, систем відкриття і закриття воріт).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо кілька характерних систем керування з використанням ПР102 і AQLogic.

1. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВІДКРИТТЯМ І ЗАКРИТТЯМ ВОРІТ. Така система (див. рис. 2) може застосовуватися, коли при натисканні на одну кнопку ворота повинні відкриватися, при натисканні на іншу кнопку – закриватися, а при натисканні на ще одну кнопку – рух воріт повинен зупинитися. При цьому для фіксації воріт в крайніх положеннях повинні використовуватися кінцеві вимикачі.

До складу системи керування відкриттям і закриттям воріт входять програмоване реле *A*, кнопки *SB1* “Відкриття воріт”, *SB2* “Закриття воріт” і *SB3* “Зупинка відкриття/закриття воріт”, кінцеві вимикачі *SQ1* “Ворота відкриті” і *SQ2* “Ворота закриті”, контактори *KM1* “Відкриття воріт” і *KM2* “Закриття воріт”, асинхронний електричний двигун електромеханічного приводу відкриття/закриття воріт *M* і запобіжники для захисту електричної мережі 220/380 В, 50Гц і самої системи від струмових перевантажень *FU1...FU10*.

При натисканні на кнопку *SB1* повинен спрацювати контактор *KM1*, який подає живлення на двигун *M*, що приводить в рух ворота в сторону їх відкриття. Коли ворота повністю відкриваються, також повинен спрацювати кінцевий вимикач *SQ1*, що є “повідомленням” про те, що двигун *M* необхідно зупинити. При закритті воріт послідовність дій є такою ж самою, як і при їх відкритті. Крім того, як відкриття, так і закриття

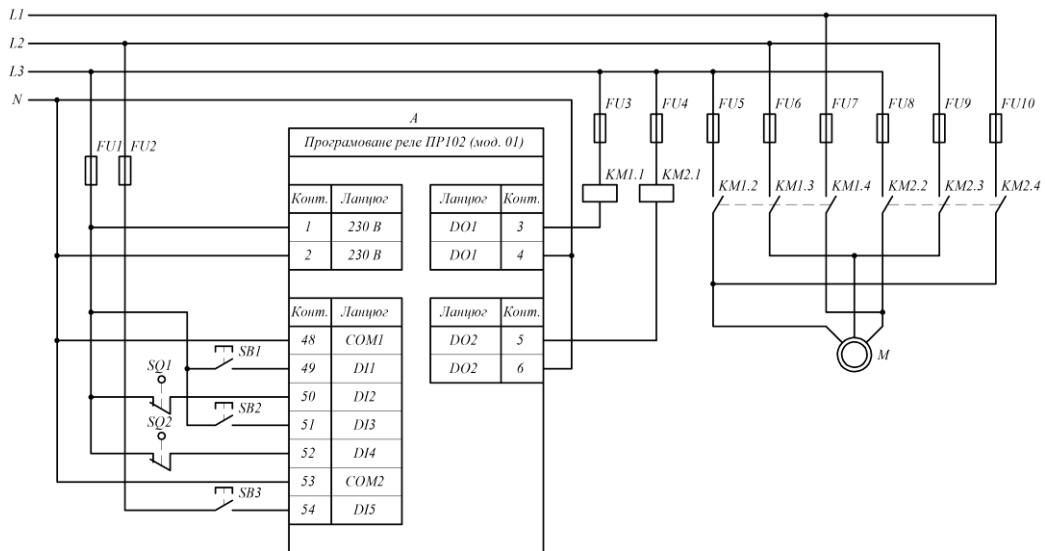


Рис. 2. Схема електрична підключення до ПР102 (модифікації 01) для керування відкриттям і закриттям воріт

воріт в будь-який момент можна зупинити, натиснувши кнопку SB3.

Спрощена FBD-програма в середовищі програмування AQLogic для реалізації алгоритму роботи наведеної на рис. 2 схеми наведена на рис. 3.

Припускається, що кнопки SB1 відповідає вхід I1 програмованого реле ПР102, кінцевому вимикачу SQ1 – вхід I2, кнопки SB2 – вхід I3, кінцевому вимикачу SQ2 – вхід I4, кнопки SB3 – вхід I5, контактору KM1 – вихід Q1, контактору KM2 – вихід Q2.

Розглянемо, наприклад, послідовність відкриття воріт (тобто стан воріт до цього відповідав або їх повному закриттю (кінцевий вимикач SQ2 замкнений), або їх частковому відкриттю/закриттю (під час їх відкриття/закриття була

натиснута кнопка SB3)). Поява на виході I1 лог. 1, що відповідає натисканню на кнопку SB1, проходить до появи цієї ж лог. 1 на вході I таймера TON1. Через інтервал часу 0,5 с, який задається на вході Ton таймера TON1 (такий інтервал визначає, що увімкнення KM1 після вимкнення KM2 буде відбуватися не одразу, а через саме такий інтервал – тобто між контактами KM1 і KM2 “короткого замикання” не буде), лог. 1 з’явиться на виході Q цього ж таймера TON1. І, відповідно, на вході S RS-тригера RS1. Як наслідок, стан виходу Q RS-тригера RS1 зміниться з лог. 0 на лог. 1 (звісно, тільки за умови, що на його вході R не з’явиться лог. 1 внаслідок натискання на кнопку SB3).

2. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ШТУЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ. Така система (див. рис. 4) може застосовуватися, коли по аналоговому сигналу від датчика освітлення/затемнення повинно вмикатися (якщо природного освітлення замало) або вимикатися (якщо природного освітлення забагато) штучне освітлення.

Таким датчиком може бути, зокрема, датчик освітлення/затемнення зовнішній PHOTASGARD АНКФ виробництва S+S REGELTECHNIK GMBH (див. рис. 5). Вимірювати рівень освітлення/затемнення за допомогою PHOTASGARD АНКФ можна в житлових, офісних, торговельних, складських і промислових приміщеннях, на відкритих майданчиках і так далі. Максимум чутливості такого датчика лежить в діапазоні <<Eqn001.eps>>, а освітленість може вимірювати в одному з шести діапазонів, який можна обрати за допомогою DIP-перемикачів – <<Eqn002.eps>>, <<Eqn003.eps>>.

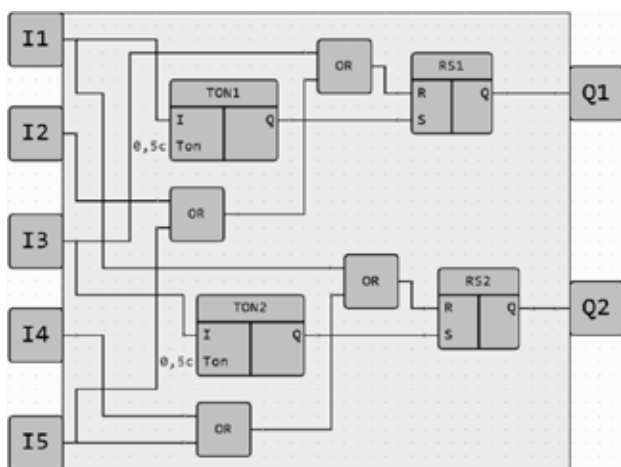


Рис. 3. Програмна реалізація алгоритму відкриття і закриття воріт

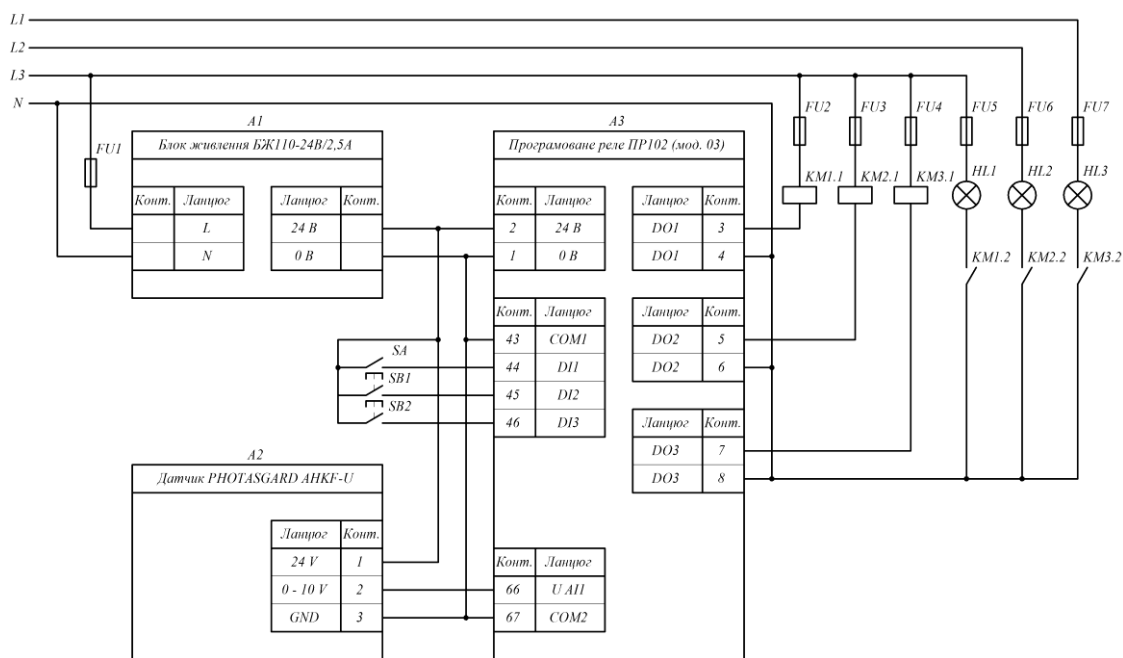


Рис. 4. Схема електрична підключення до ПР102 (модифікації 03) для керування штучним освітленням

<<Eqn004.eps>>, <<Eqn005.eps>>, <<Eqn006.eps>> або <<Eqn007.eps>>.

Вихідним сигналом PHOTASGARD ANKF є або уніфікований електричний неперервний сигнал напруги <<Eqn008.eps>> (модель ANKF-U), або уніфікований електричний неперервний сигнал струму <<Eqn009.eps>> (модель ANKF-I). Такий сигнал є лінеаризованим, тобто в будь-якому з шести діапазонів вимірювання вихідна напруга або струм такого датчика є прямо пропорційними освітленості.

Наприклад, якщо діапазоном вимірювання освітленості є діапазон <<Eqn010.eps>> і вихідним сигналом є <<Eqn011.eps>>, то освітленість становить



Рис. 5. Зовнішній вигляд датчика освітлення/ затемнення PHOTASGARD ANKF

<<Eqn012.eps>> (1)

а якщо вихідним сигналом є <<Eqn013.eps>>,

то

<<Eqn014.eps>> (2)

До складу системи керування штучним освітленням входять блок живлення A1, датчик A2, програмоване реле A3, перемикач SA “Авт./ Руч.”, кнопки SB1 “Увімкнути освітлення” і SB2 “Вимкнути освітлення”, контактори KM1 “Освітлення (лінія № 1)”, KM2 “Освітлення (лінія № 2)” і KM3 “Освітлення (лінія № 3)”, лампи HL1, HL2 і HL3 та запобіжники FU1...FU7.

Спрощена FBD-програма в середовищі програмування AQLogic для реалізації алгоритму роботи наведеної на рис. 4 схеми наведена на рис. 6.

Припускається, що перемикачу SA відповідає вхід I1 програмованого реле ПР102, кнопки SB1 –

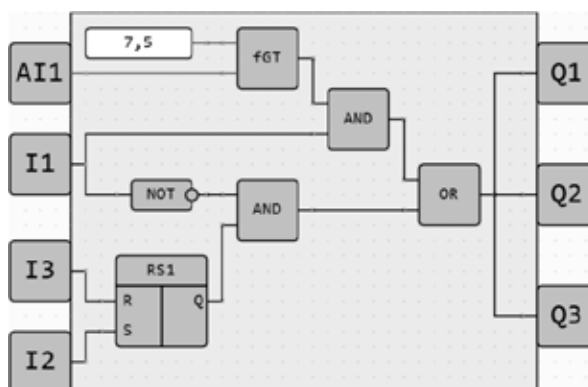


Рис. 6. Програмна реалізація алгоритму керування штучним освітленням

вхід *I2*, кнопки *SB2* – вхід *I3*, датчику *A2* – вхід *A11*, контактору *KM1* – вихід *Q1*, контактору *KM2* – вихід *Q2*, контактору *KM3* – вихід *Q3*. Система керування штучним освітленням може працювати в двох різних режимах: в “ручному” режимі і в “автоматичному” режимі, вибір яких визначається положенням контакту перемикача *SA*.

В “ручному” режимі (контакт перемикача *SA* розімкнений) датчик *A2* не використовується. При натисканні на кнопку *SB1* освітлення одночасно вмикається на всіх трьох лініях № 1 № 2 і № 3 (за рахунок спрацьовування відповідно контакторів *KM1*, *KM2* і *KM3* та подачі живлення від фаз *L1*, *L2* і *L3* на лампи *HL1*, *HL2* і *HL3*). При натисканні на кнопку *SB2* освітлення на всіх трьох лініях № 1 № 2 і № 3 одночасно вмикається. В “автоматичному” режимі (контакт перемикача *SA* замкнений) кнопки *SB1* і *SB2* не використовуються, а увімкнення або вимкнення освітлення здійснюється в залежності від значення вихідного сигналу рНOТASGARD АНKF.

**3. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ.** Така система (див. рис. 7) може застосовуватися, коли по аналоговому сигналу від датчика умісту вуглекислого газу повинна вмикатися (якщо вуглекислого газу забагато) або вимикатися (якщо вуглекислого газу замало) припливно-витяжна вентиляція.

Таким датчиком може бути, зокрема, датчик умісту вуглекислого газу АERASGARD КСО<sub>2</sub>-TYR1 виробництва S+S REGELTECHNIK GMBH

(див. рис. 8). Чутливим елементом такого датчика є оптичний недисперсійний інфрачервоний газоаналізатор.

Вихідним сигналом АERASGARD КСО<sub>2</sub>-TYR1 є або уніфікований електричний неперервний сигнал напруги <<Eqn015.eps>>, або уніфікований електричний неперервний сигнал струму <<Eqn016.eps>> (в залежності від положення DIP-перемикача).

До складу системи керування припливно-витяжною вентиляцією входять блок живлення *A1*, датчик *A2*, програмоване реле *A3*, перемикач *SA* “Авт./Руч.”, кнопки *SB1* “Увімкнути вентиляцію” і *SB2* “Вимкнути вентиляцію”, контактори *KM1* “Припливна вентиляція” і *KM2* “Витяжна вентиляція”, асинхронні електричні двигуни вентиляторів *M1* і *M2* та запобіжники *FU1*...*FU9*.

Спрощена FBD-програма в середовищі програмування AQLogic для реалізації алгоритму роботи наведеної на рис. 7 схеми наведена на рис. 9.

Припускається, що перемикачу *SA* відповідає вхід *I1* програмованого реле ПР102, кнопки *SB1* – вхід *I2*, кнопки *SB2* – вхід *I3*, датчику *A2* – вхід *A11*, контактору *KM1* – вихід *Q1*, контактору *KM2* – вихід *Q2*. Робота системи керування припливно-витяжною вентиляцією аналогічна роботі системи керування штучним освітленням.

В “ручному” режимі (контакт перемикача *SA* розімкнений) датчик *A2* не використовується. При натисканні на кнопку *SB1* припливно-витяжна вентиляція вмикається (за рахунок спрацьову-

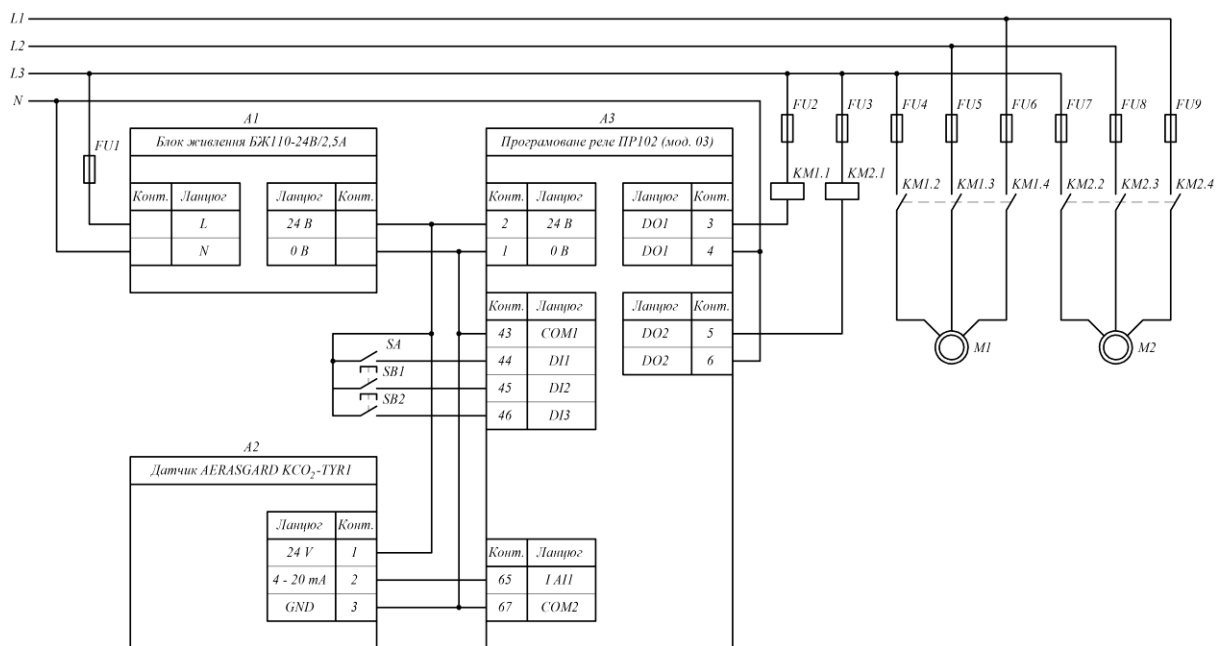


Рис. 7. Схема електрична підключення до ПР102 (модифікації 03) для керування припливно-витяжною вентиляцією



Рис. 8. Зовнішній вигляд датчика умісту вуглекислого газу AERASGARD KCO<sub>2</sub>-TYR1

вання відповідно контакторів *KM1* і *KM2* та подачі живлення на двигуни *M1* і *M2*). При натисканні на кнопку *SB2* припливно-витяжна вентиляція вимикається. В “автоматичному” режимі (контакт перемикача *SA* замкнений) кнопки *SB1* і *SB2* не використовуються, а увімкнення або вимкнення вентиляції (аналогічно увімкненню і вимкненню освітлення) здійснюється в залежності від значення вихідного сигналу AERASGARD KCO<sub>2</sub>-TYR1.

**Висновки.** Міське господарство як великих, так і малих населених пунктів України звичайно складається з великої кількості різних підпри-

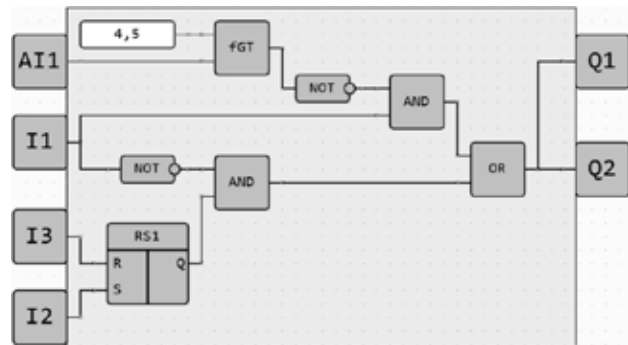


Рис. 9. Програмна реалізація алгоритму керування припливно-витяжною вентиляцією

ємств, організацій і установ, які для своєї діяльності можуть постійно потребувати наявності газу, електричної енергії, гарячого і холодного водопостачання, водовідведення тощо. Проведене дослідження показало, що для забезпечення такої потреби доцільно автоматизувати діяльність міського господарства шляхом застосування програмованих контролерів і реле. Для цього було розглянуто кілька систем керування з використанням програмованого реле ПР102 (різних модифікацій) і середовища програмування AQLogic: системи керування відкриттям і закриттям воріт, штучним освітленням і припливно-витяжною вентиляцією. Маючи однаковий рівень складності і одночасно невелику вартість, такі системи дозволяють керувати міським господарством з мінімальними витратами.

#### Список літератури:

1. Закон України «Про благоустрій населених пунктів».
2. Постанова Верховної ради України «Про концепцію сталого розвитку населених пунктів».
3. Robert E. England, John P. Pelissero, David R. Morgan. Managing Urban America. – CQ Press, 2016. 392 p.
4. Бабаєв В.М. Управління великим містом: Теоретичні і прикладні аспекти: Монографія / В.М. Бабаєв. Х.: ХНАМГ, 2010. 307 с.
5. Ткачук О.А. Міське господарство: Навчальний посібник / О.А. Ткачук. Рівне : НУВГП, 2018. 244 с.
6. Дьомін М.М. Містобудівні інформаційні системи: Містобудівний кадастр: Первинні елементи структури об'єктів містобудування та територіального планування / М.М. Дьомін, О.І. Сингаївська. К.: Фенікс, 2015. 212 с.

#### Lisovets S.M., Dromenko V.B. USING PROGRAMMED RELAYS FOR AUTOMATION OF MUNICIPALITY ACTIVITIES: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

*The urban economy includes a complex network of enterprises, organizations, and institutions that must ensure the livelihoods of the city's population by meeting its needs for domestic, municipal, social, and cultural services, as well as for industrial activities. Such activities include, in particular, ensuring reliable gas, electricity, heat, and water supply, as well as wastewater disposal. In turn, the reliability of urban economy operations is inextricably linked to its automation, which is usually based on programmable controllers and programmable relays. The research, taking into account the ever-growing needs of municipal services for reliable control systems, was devoted to the use of ПР102 programmable relays and the free AQLogic programming environment for such relays in such systems as a replacement for “hard logic” circuits, which include circuits based on TTL and CMOS logic elements, as well as mechanical relays. The research consistently examined the simplest control systems for opening and closing gates, artificial lighting, and supply and exhaust*

*ventilation. This examination consisted of selecting the necessary sensors, designing electrical connection diagrams for the ПП102 power supply, input and output circuits, as well as implementing the corresponding algorithms in FBD language. The FBD language, as an integral software component of ПП102, had all the logical, arithmetic, shift, and other functions necessary for the implementation of control systems, as well as all the functional blocks necessary for such implementation (triggers, timers, counters, etc.). The conducted research has demonstrated the effectiveness, promise, and, as a result, the feasibility of using programmable relays (which are essentially simplified versions of programmable controllers with limited functionality) in control systems used in urban economy. The advantages of programmable relays, a typical example of which is the ПП102, are low cost, ease of programming, support for multiple types of input and output signals, and interfaces.*

**Keywords:** *algorithm, sensor, urban economy, programmable relay, programming environment, control system, connection diagram.*

Дата першого надходження статті до видання: 11.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 06.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.04.2026