

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ  
з дисципліни «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ  
КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ»  
для студентів спеціальності  
«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА  
ЕЛЕКТРОПРИВОД»**

**на тему: «ВІРТУАЛЬНИЙ ТРЕНАЖЕРНИЙ КОМПЛЕКС  
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮДИНО-МАШИННОГО  
ІНТЕРФЕЙСУ В СЕРЕДОВИЩІ TRACE MODE 6.  
ОБМІН ДАНИМИ МІЖ ОПЕРАТОРСЬКИМИ  
СТАНЦІЯМИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ»**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
з дисципліни «Автоматизовані системи керування  
технологічними процесами»  
для студентів спеціальності «Електромеханічні системи  
автоматизації та електропривод»**

**на тему: «Віртуальний тренажерний комплекс для  
дослідження людино-машинного інтерфейсу в середовищі  
Trace Mode 6. Обмін даними між операторськими станціями в  
реальному часі»**

Вінниця  
ВНТУ  
2016

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 17.04.2014 р.)

Рецензенти:

**В. М. Кутін**, доктор технічних наук, професор

**О. Б. Мокін**, доктор технічних наук, професор

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» для студентів спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» на тему: «Віртуальний тренажерний комплекс для дослідження людино-машинного інтерфейсу в середовищі Trace Mode 6. Обмін даними між операторськими станціями в реальному часі» / Уклад. С. М. Левицький, М. П. Розводюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 20 с.

У методичних вказівках викладено підходи до налаштування обміну даними між віддаленими операторськими станціями за допомогою SCADA-системи Trace Mode.

Призначений для студентів електромеханічних спеціальностей денної та заочної форм навчання.



## Зміст

Вступ .....	4
1 Мета роботи .....	5
2 Програма виконання лабораторної роботи.....	5
3 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи .....	6
4 Питання до захисту .....	18
Література .....	20

## Вступ

Розвиток сучасного суспільства, його глобальна інформатизація й трансформація, впровадження сучасних інтенсивних методів виробництва потребують розробки принципово нових і адекватних часу підходів до дослідження, керування, проектування промислових електромеханічних систем [1].

Для вирішення задач дослідження електромеханічних систем розроблена значна кількість прикладних математичних комп'ютерних пакетів – симуляторів і віртуальних лабораторій на їх основі. Розвиток такої технології дослідження електромеханічних систем привів до створення віртуальних лабораторних комплексів та віртуальних тренажерних комплексів – аналогів промислових об'єктів. Об'єкти віртуальних тренажерних комплексів поводяться аналогічно фізичним об'єктам в штатних та аварійних режимах роботи. Характерними їх ознаками є: можливість проведення досліджень в реальному масштабі часу; імітація досліджуваних модельованих об'єктів з високим ступенем реалізму; можливість інтерактивної дії на досліджувані модельовані процеси. Роботи із віртуального тренажерного обладнання необхідно розглядати, як можливість дослідження фундаментальних основ перетворення всіх видів енергії; створення і дослідження нових принципів управління електромеханічними системами, у тому числі інтелектуальних.

Віртуальні тренажерні комплекси можуть бути актуальними для: підприємств металургійної, гірничодобувної промисловості; транспорту; установ, що займаються проектуванням електромеханічних систем, в тому числі САПР; виробників електротехнічного обладнання, а також для навчальних установ вищої школи при підготовці фахівців, перепідготовці, підвищенні кваліфікації наукового і технічного персоналу.

Принцип побудови віртуальних тренажерних комплексів будемо реалізовувати на базі перетворювача частоти (ПЧ) Altivar 31 фірми Schneider Electric, сертифікований центр якої є у Вінницькому національному технічному університеті.

Методичні рекомендації та вказівки призначені для поглиблення знань студентів з дисципліни «Автоматизовані системи керування технологічними процесами».

## 1 Мета роботи

Опанувати основні прийоми для налаштування обміну даними між віддаленими операторськими станціями за допомогою *SCADA*-системи *Trace Mode*.

## 2 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомтесь з призначенням та адресами комунікаційних регістрів ПЧ Altivar 31.

2. Встановити в ПЧ активним канал керування Modbus та параметри мережі:

- ✓ формат RTU (Remote Terminal Unit);
- ✓ 8 біт;
- ✓ 1 стоповий біт;
- ✓ контроль парності: парні біти (even);
- ✓ швидкість обміну 19200 бод;
- ✓ таймаут 1 с;
- ✓ мережева адреса 5.

2. Підключити ПЧ до комп'ютера за допомогою перетворювача інтерфейсів RS232 / RS485 (VW3A8106) або USB / RS485 до відповідного порта. Підключений до ПЧ комп'ютер відіграватиме роль сервера в проекті.

3. Розробити серверну частину проекту для локального керування ПЧ по послідовному порту. Серверна частина включає в себе мінімум графічного інтерфейсу (для налагодження) і призначена в основному для передачі даних клієнту. Перевірити роботу шляхом пуску, зупинення, зміни завдання з ПК-сервера.

4. Розробити клієнтську частину проекту для віддаленого керування ПЧ з іншого ПК, який знаходиться в одній мережі з сервером, але напямую не підключений до ПЧ. В графічному інтерфейсі клієнта передбачити:

- ✓ старт / стоп / скид за допомогою кнопок (форм);
- ✓ зміну завдання за допомогою повзунка;
- ✓ відображення поточного стану ПЧ;

✓ відображення поточної швидкості та струму ПЧ.

5. Перевірити роботу створеної системи керування, змінюючи режим керування приводом (старт / стоп), завдання по швидкості обертання з ПК-клієнта.

6. Згенерувати звіт по роботі, використовуючи документацію *ТМ*.

7. Зробити висновки за результатами роботи, вказавши область застосування розробленої системи, її відмінності від попередніх.

### 3 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. Для керування перетворювачем частоти Altivar 31 (Schneider Electric) в мережі Modbus RTU використовується вбудований порт RJ45, який об'єднаний з CANopen [2]. Виводи порту, які використовуються для підключення ПЧ до мережі Modbus RTU: 4(B), 5(A) та 8 (COM). Підключення ПК-сервера до ПЧ здійснюється через перетворювач інтерфейсів (рис. 1).

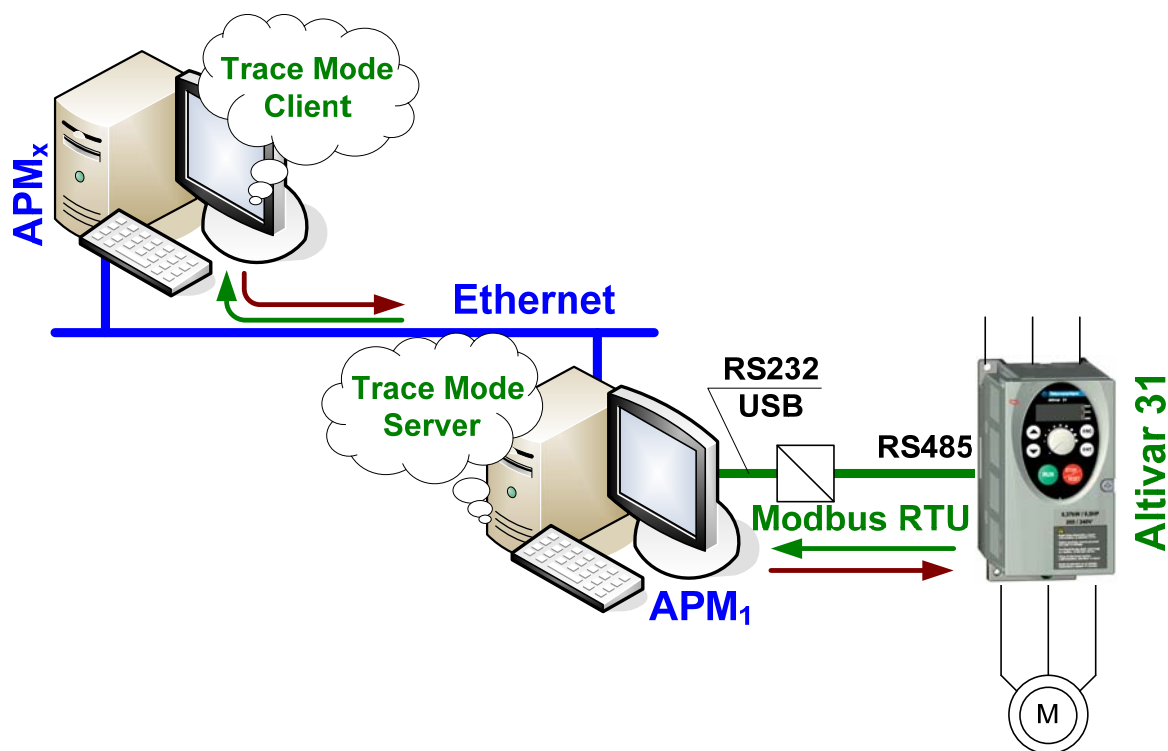


Рисунок 1 – Система керування ПЧ з клієнт-серверною архітектурою



Для моніторингу та керування ПЧ необхідно в мережі Modbus RTU здійснювати читання / запис реєстрів, вказаних в табл. 1 [3].

Таблиця 1 – Список реєстрів ПЧ для моніторингу та керування

Регістр (код)	Адреса (dec)	Адреса (hex)	Функція
Команда (CMDD)	8601	0x2199	запис / читання
Завдання (LFRD)	8602	0x219A	запис / читання
Статус (ETAD)	8603	0x219B	читання
Швидкість (RFRD)	8604	0x219C	читання (об/хв)
Струм (LCR)	3204	0x0C84	читання (0,1 А)

Встановлення каналу керування можна здійснити через передню панель або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (Power Suite, SoMove). З передньої панелі вибір каналів керування здійснюється через пункт меню -Ctl (Control), а мережеві налаштування ПЧ – через пункту меню -Con (Connections). Детально про налаштування ПЧ можна дізнатися з [2].

2. Розробку серверної частини проекту слід розпочати зі створення нового проекту, додавання в його дерево «Источники / Приемники» групи MODBUS. У вказану групу додаються два компоненти типу W\_Word(6) (команда та завдання) та три компоненти типу Rout\_Word(3) (статус, швидкість та струм). Зразок налаштувань компонентів MODBUS для даного проекту наведено на рис. 2 [4].

Використовуючи перетягування, прив'язати групу MODBUS до каналів вузла RTM\_1 (рис. 3). Записати ID кожного каналу.

Створити у вузлі RTM\_1 групу СОМ-портів (рис. 4).

В групі СОМ-портів створити компонент «СОМ-порт» та налаштувати його відповідно параметрам обміну даними, заданими в ПЧ (п. 2 програми роботи). Зразок налаштувань наведено на рис. 5.

Розробка людино-машинного інтерфейсу в середовищі Trace Mode 6.  
Обмін даними між операторськими станціями в реальному часі

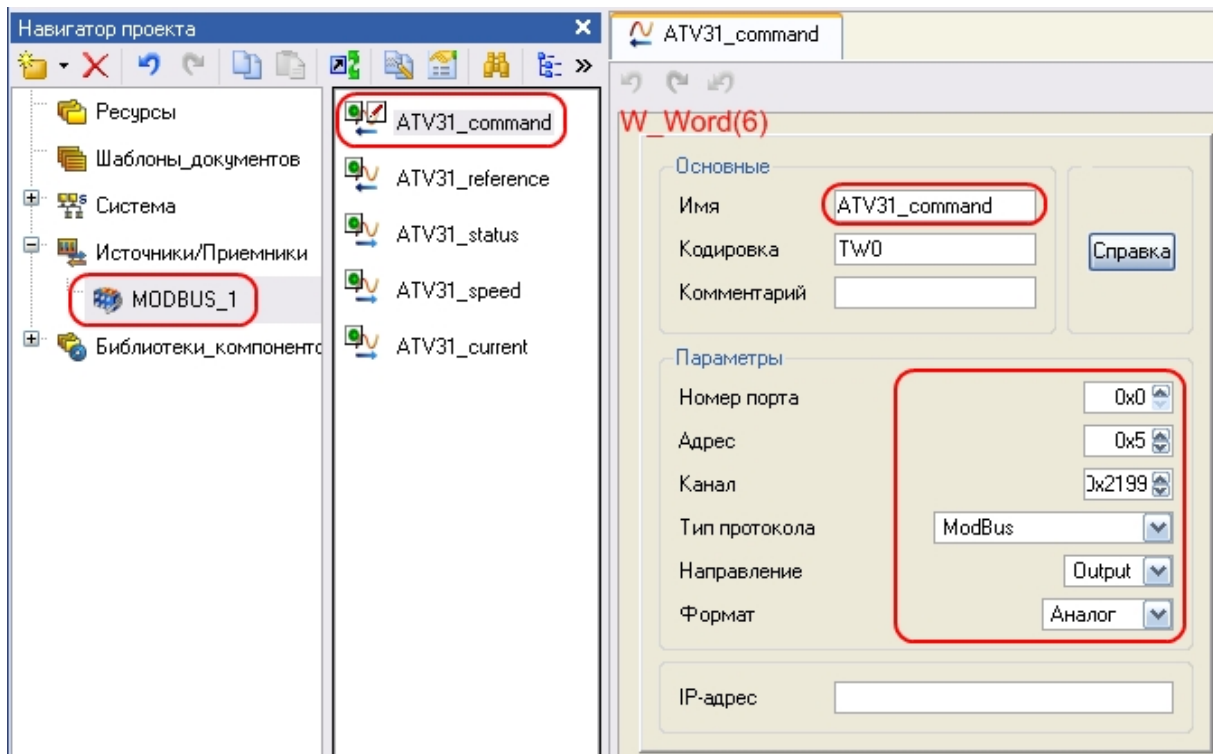


Рисунок 2 – Налаштування компонента MODBUS для керування ПЧ із сервера

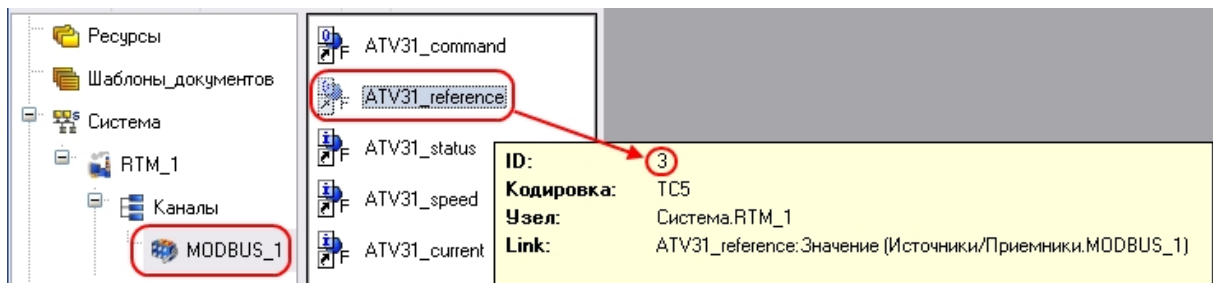


Рисунок 3 – Прив'язка групи MODBUS до каналів системи

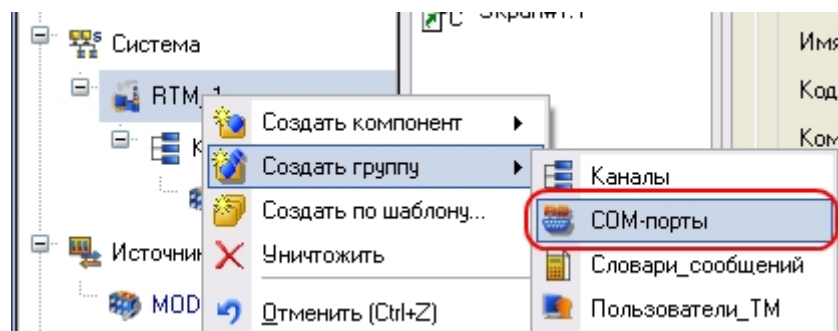


Рисунок 4 – Створення групи послідовних портів системи

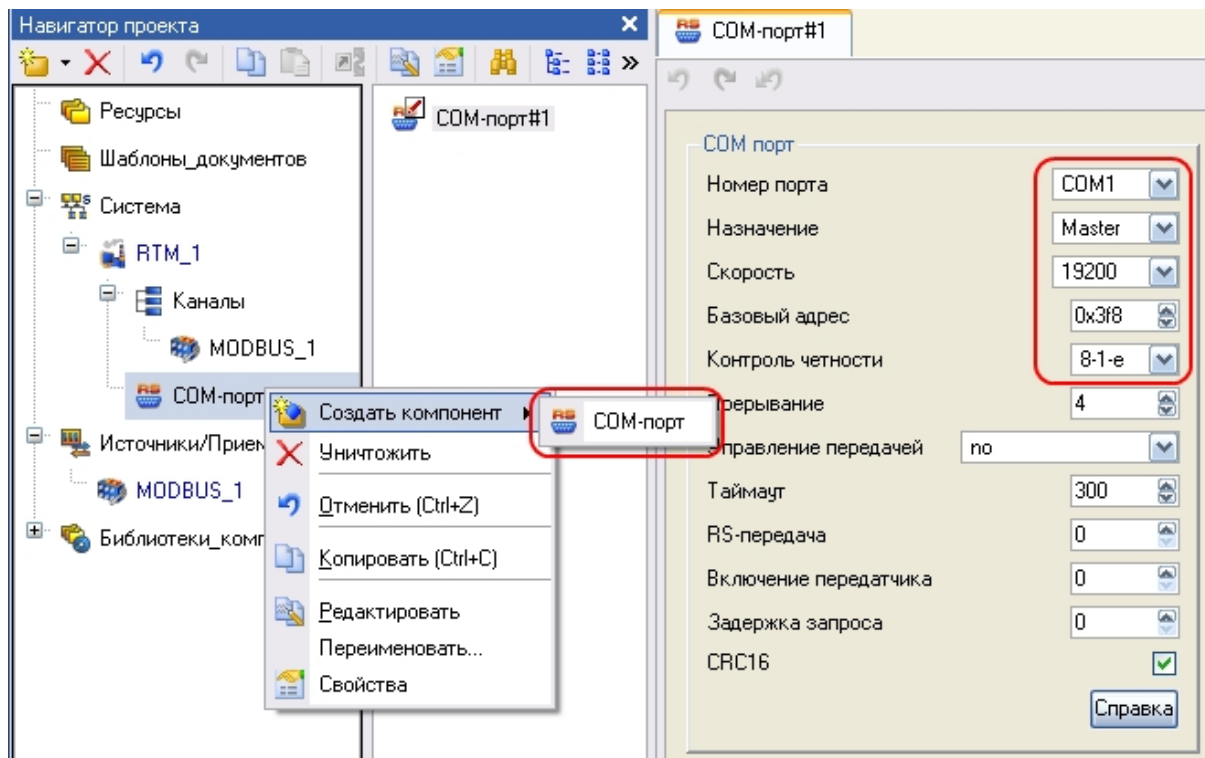


Рисунок 5 – Налаштування послідовного порта обміну даними системи

Для можливості налагодження та місцевого спостереження за системою на рівні ПК-сервера розташуйте таблицю каналів в основному екрані з можливістю введення з клавіатури значень команди та завдання для ПЧ. Зразок екрана сервера наведено на рис. 6.

Зберігається проект для монітора реального часу та запускається проект на ПК-сервері на виконання. Перевіряється робота ПЧ в мережі, змінюючи значення команди:

- ✓ 6 – скидання;
- ✓ 7 – зупинка;
- ✓ 15 – рух вперед;
- ✓ 2063 – рух назад;
- ✓ завдання в об/хв.

Зразок роботи серверної частини системи в режимі руху вперед та зупинення подано на рис. 7.

Розробка людино-машинного інтерфейсу в середовищі Trace Mode 6.  
Обмін даними між операторськими станціями в реальному часі

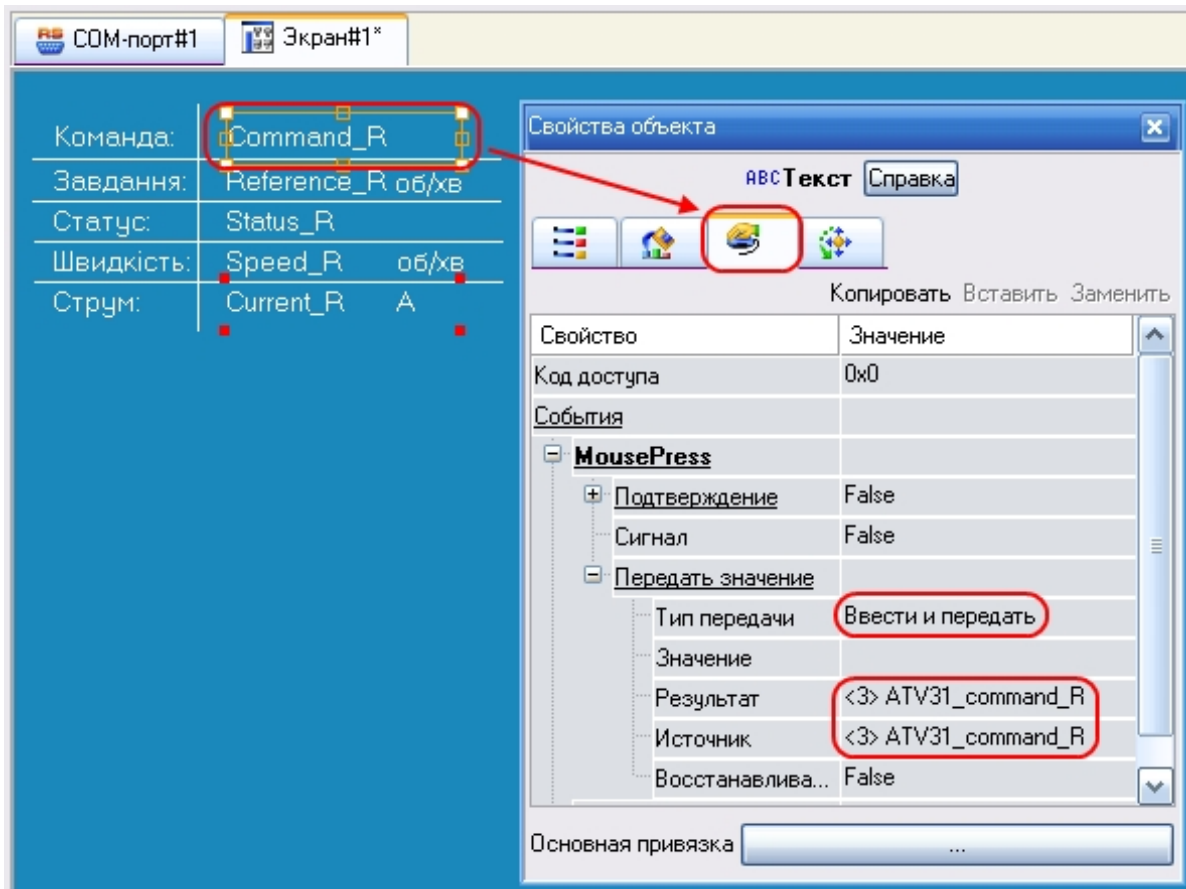


Рисунок 6 – Зразок основного екрана системи на рівні сервера з налаштуванням введення значень з клавіатури

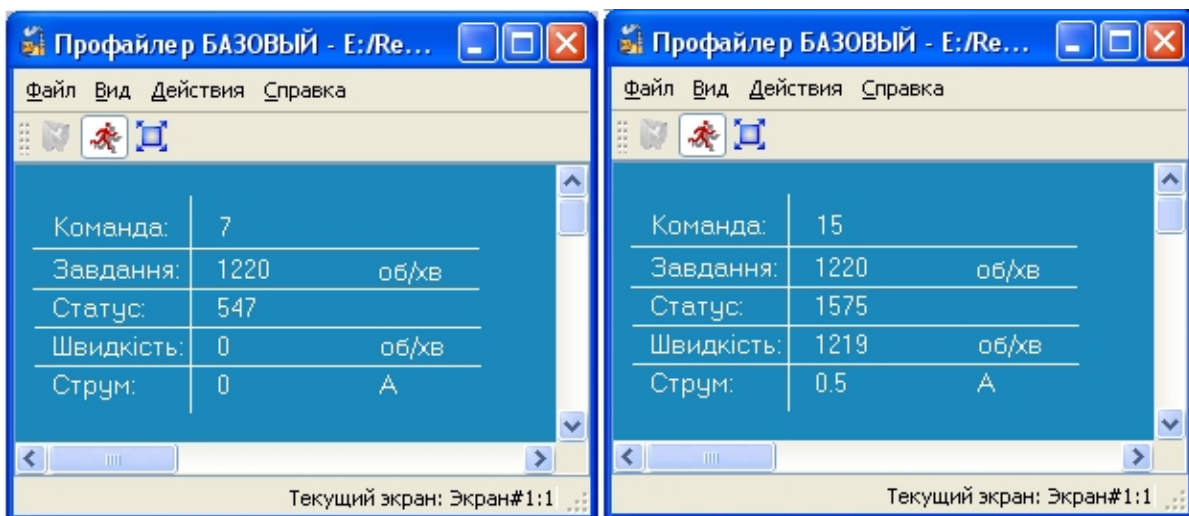


Рисунок 7 – Зразок роботи серверної частини системи керування ПЧ

Для можливості віддаленого доступу до даних сервера потрібно відкрити вузол RTM\_1 для редагування, натиснувши на ньому правою кнопкою та вибравши команду «Редактировать». У відкритому вікні вузла потрібно ввести IP-адресу ПК-сервера та поставити відмітки  на приймання / відсилення даних з використанням системного мережевого адаптеру (мережевої карти ПК) (рис. 8).

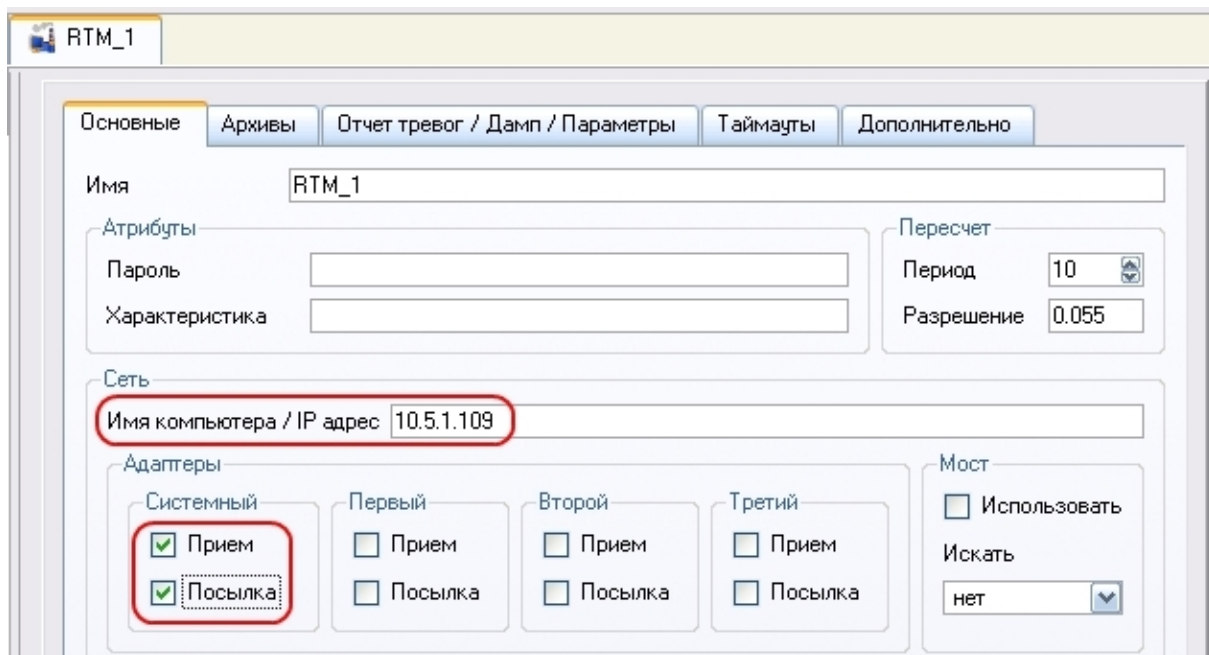


Рисунок 8 – Налаштування мережевої адреси ПК-сервера

Повторно зберегти проект для монітора реального часу та запустити проект на ПК-сервері на виконання.

3. Розробку клієнтської частини проекту слід розпочати зі створення нового проекту на іншому ПК [5], що виконуватиме роль клієнта. В новому файлі для вузла RTM\_1 потрібно додати два канали класу CALL (рис. 9).

У вікні властивостей вузла RTM також налаштовується IP-адреса ПК-клієнта та ставляться відмітки  на приймання / відсилення даних (рис. 10).

Відкривається вікно властивостей одного зі створених каналів CALL. Здійснюється налаштування вибраного каналу на прийом даних з монітора реального часу ПК-сервера (рис. 11).

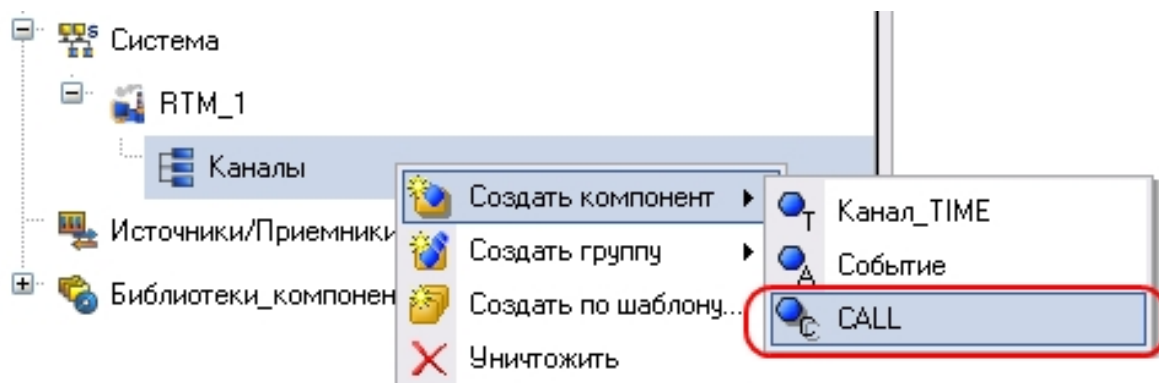


Рисунок 9 – Додавання каналу класу CALL у вузлі RTM ПК-клієнта

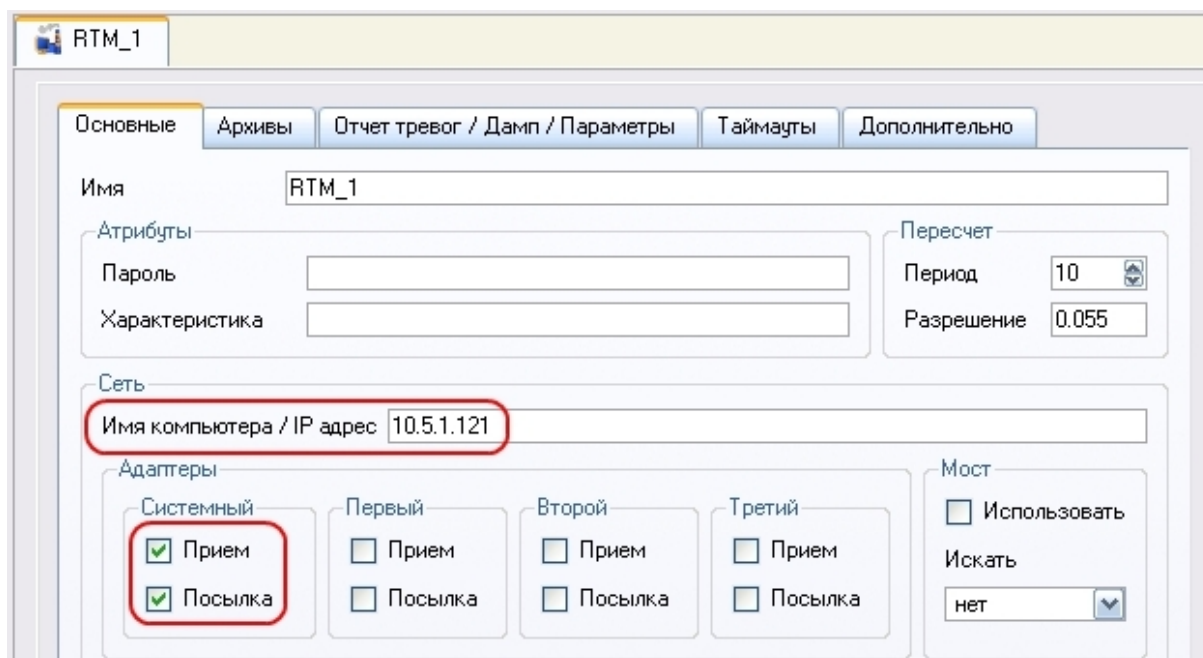


Рисунок 10 – Налаштування мережевої адреси ПК-клієнта

Налаштування здійснюється в два етапи.

Спочатку потрібно вибрати тип виклику OtherProj (інший проект) та встановити в полі параметр значення 0, що відповідає призначенню каналу – отримання даних. Тип каналу при цьому повинен бути Input. В полі коментарів вказується IP-адреса ПК-сервера, з якого будуть зчитуватись дані в створеному каналі.

Другий етап – налаштування аргументів каналу класу CALL. Потрібно перейти на вкладку аргументів каналу та створити 4 пари аргументів.

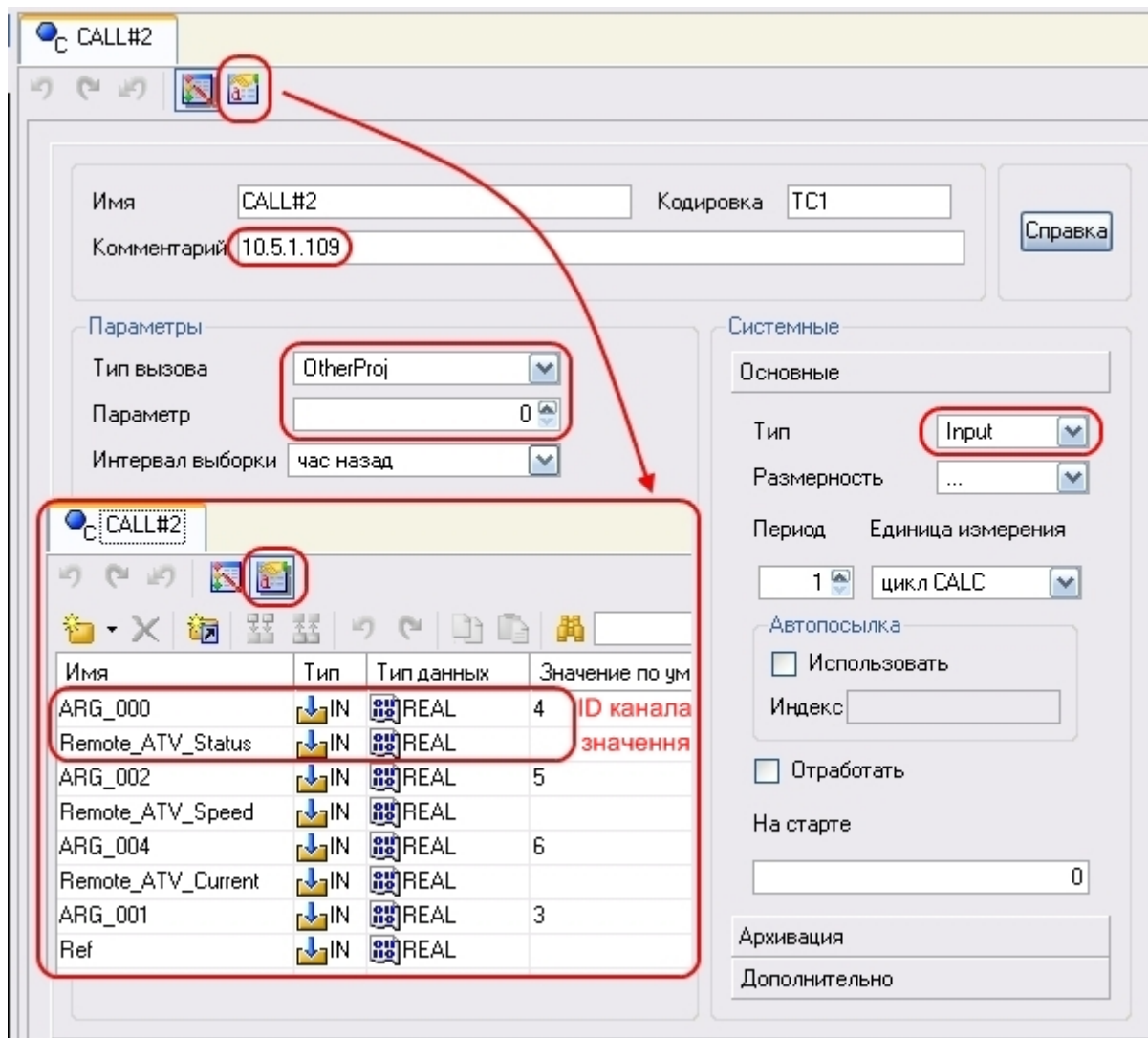


Рисунок 11 – Налаштування каналу класу CALL для зчитування даних з віддаленого ПК-сервера

Зчитування даних цим каналом організується парою аргументів. Перший аргумент пари – ID-каналу на ПК-сервері (вказується у графі «Значение по умолчанию»), другий аргумент – реальне значення каналу на ПК-сервері, наприклад, струм або швидкість ПЧ. Тип аргументів – вхідний (IN). В розроблюваній системі канали на ПК-сервері мають такі номери ID:

- ✓ ATV31\_command: 2
- ✓ ATV31\_reference: 3
- ✓ ATV31\_status: 4
- ✓ ATV31\_speed: 5
- ✓ ATV31\_current: 6

На рис. 11 наведено приклад налаштування каналу CALL для зчитування даних з каналів, ID яких рівні 3 ... 6, відповідно. IP-адреса ПК-сервера – 10.5.1.109.

Відкрити вікно властивостей другого зі створених каналів CALL. Налаштувати вибраний канал на передачу даних в монітор реального часу ПК-сервера (рис. 12).

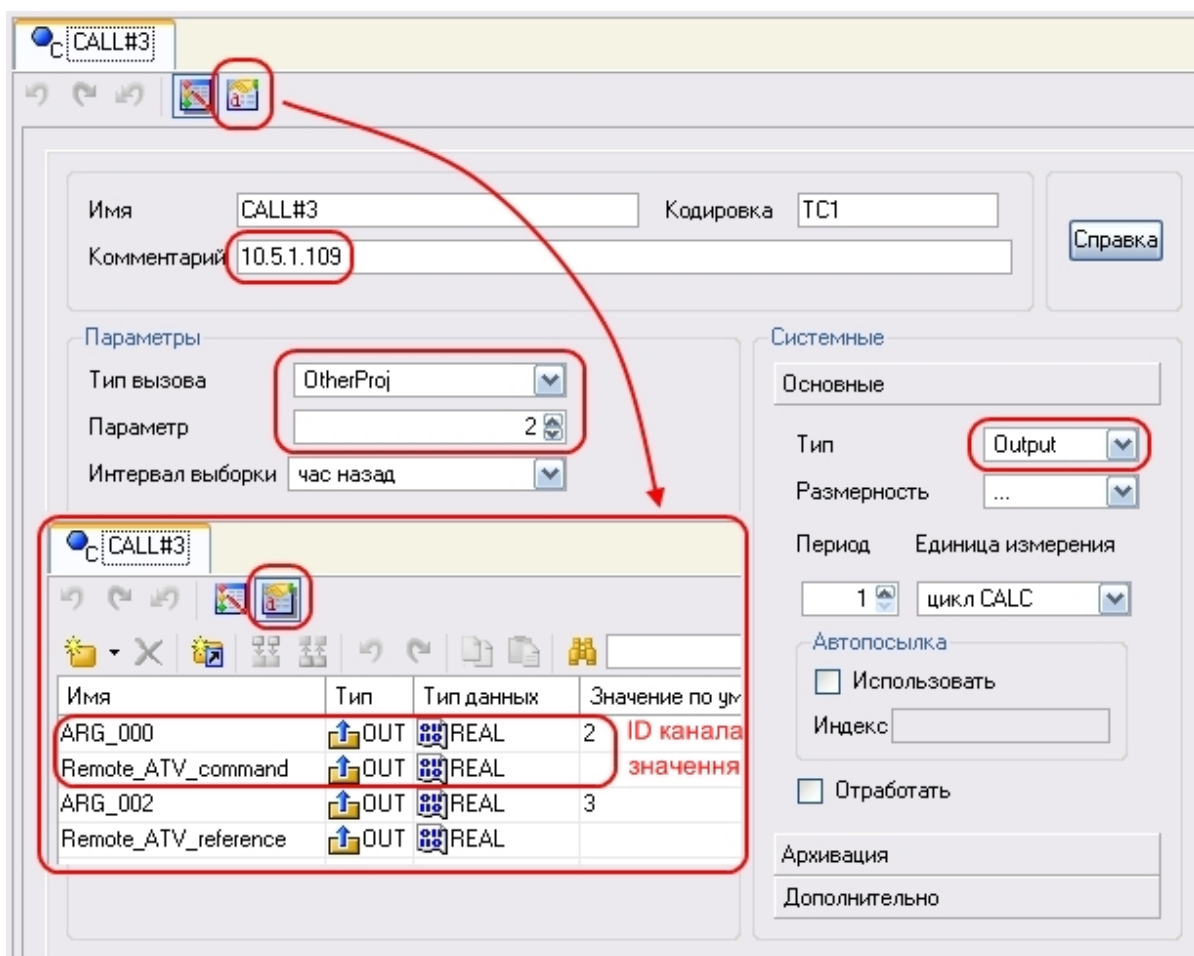


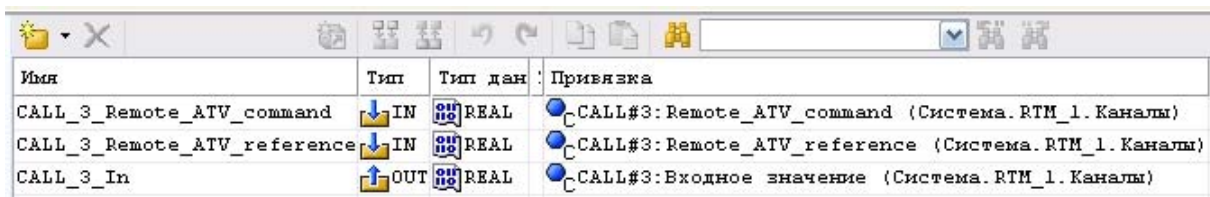
Рисунок 12 – Налаштування каналу класу *CALL* для запису даних до віддаленого ПК-сервера

Тип виклику встановити також OtherProj (інший проект), тип каналу Output, параметр: 2. В полі коментарів вводиться IP-адреса ПК-сервера. У вкладці аргументів також попарно створюються групи для передачі даних в канали сервера зі зазначеними ID. Тип всіх аргументів для каналу запису встановити OUT.



Для ініціювання передачі даних від клієнта до сервера потрібно у вхідне значення відповідного каналу класу CALL (атрибут каналу 3 In) послати номер пари аргументів, яку повинна відпрацювати система. Періодичне пересилання номерів в мережу Ethernet недоцільне, оскільки це завантажуватиме трафік та знижуватиметься швидкодія системи. Рационально використовувати передачу даних в сервер при їх зміні в клієнті. Для встановлення моменту зміни даних можна використати програмну обробку, основою якої буде контроль знака похідної відповідного аргументу. Якщо аргумент клієнта змінюється (наприклад, завдання за швидкістю обертання), то його похідна не буде рівна 0, що і забезпечуватиме ініціювання передачі даних в сервер.

Для вказаної програмної обробки додайте у вузлі RTM елемент «Програма», потрібно налаштувати її аргументи за зразком, поданим на рис. 12.



Имя	Тип	Тип дан	Привязка
CALL_3_Remote_ATV_command	IN	REAL	CALL#3: Remote_ATV_command (Система.RTM_1.Каналы)
CALL_3_Remote_ATV_reference	IN	REAL	CALL#3: Remote_ATV_reference (Система.RTM_1.Каналы)
CALL_3_In	OUT	REAL	CALL#3: Входное значение (Система.RTM_1.Каналы)

Рисунок 12 – Аргументи програми  
для ініціювання передачі даних до сервера

В дереві програми крім вказаних аргументів потрібно створити дві глобальні змінні Command (команда) та Reference (завдання). Ці змінні служитимуть для зв'язку функцій програми з основним кодом.

Додати в дереві програми дві функції d\_Command та d\_Reference мовою FBD. Зразок тіла функції d\_Command наведений на рис. 13.

Працює функція таким чином. При будь-якій зміні змінної Command функціональний блок похідної DIFF на своєму виході формуватиме сигнал, що відповідає похідній, а компаратор нерівності  $<>0$  формуватиме на своєму виході логічну 1 протягом одного такту системи (рис. 10, поле «Пересчет»). Аналогічним чином виглядатиме функція d\_Reference, але зі змінною Reference на вході.

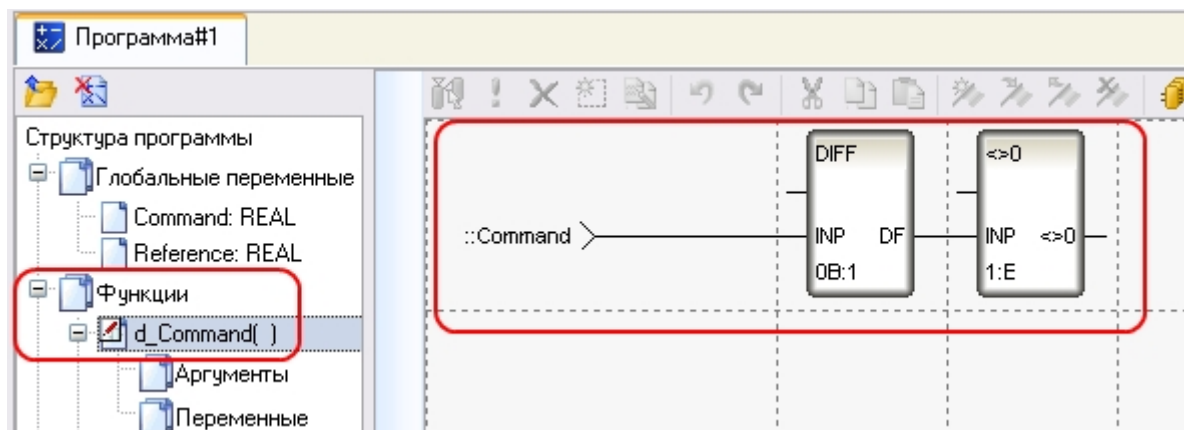


Рисунок 13 – Функція контролю моменту зміни аргументу

Основний код програми, який ініціює передачу номера пари аргументів у вхідне значення каналу CALL, наведений на рис. 14. Після відпрацювання функцій d\_Command або d\_Reference вхідне значення скидатиметься в 0 до наступної зміни аргументу.

```
PROGRAM
VAR_INPUT CALL_3_Remote_ATV_command : REAL; END_VAR
VAR_INPUT CALL_3_Remote_ATV_reference : REAL; END_VAR
VAR_OUTPUT CALL_3_In : REAL; END_VAR

Command:=CALL_3_Remote_ATV_command;
Reference:=CALL_3_Remote_ATV_reference;
If d_Command() then
    Call_3_In:=1;
else Call_3_In:=0;
end_if;
If d_Reference() then
    Call_3_In:=2;
end_if;

END_PROGRAM
```

Рисунок 14 – Програма керування передачею даних до сервера

Основний екран клієнта налаштовується самостійно, але потрібно передбачити на ньому відображення фактичної швидкості, струму та стану ПЧ, отриманих зі сервера.

За допомогою кнопок налаштовується передача відповідних значень (6 – скидання, 7 – зупинення, 15 – рух вперед, 2063 – рух назад) в канал команди ПЧ, а за допомогою повзунка та введення з клавіатури – завдання

за швидкістю в об/хв. Зразок графічного інтерфейсу клієнта наведено на рис. 15. Зразок прив'язки графічних елементів екрана до аргументів каналу CALL наведено на рис. 16.

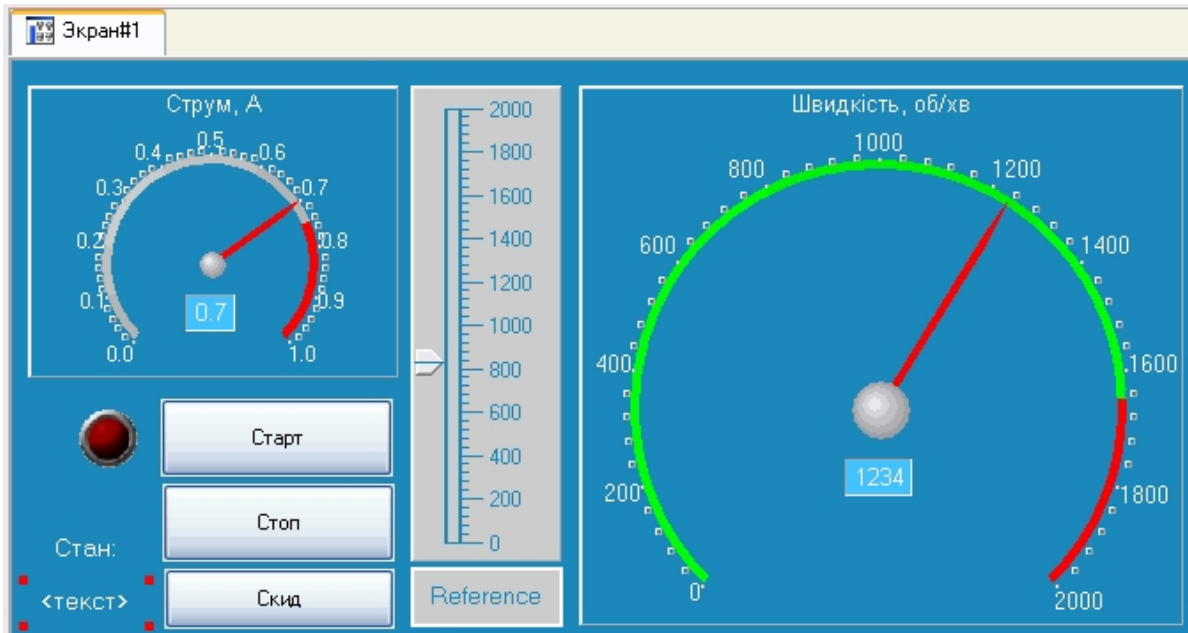


Рисунок 15 – Зразок графічного інтерфейсу клієнта системи

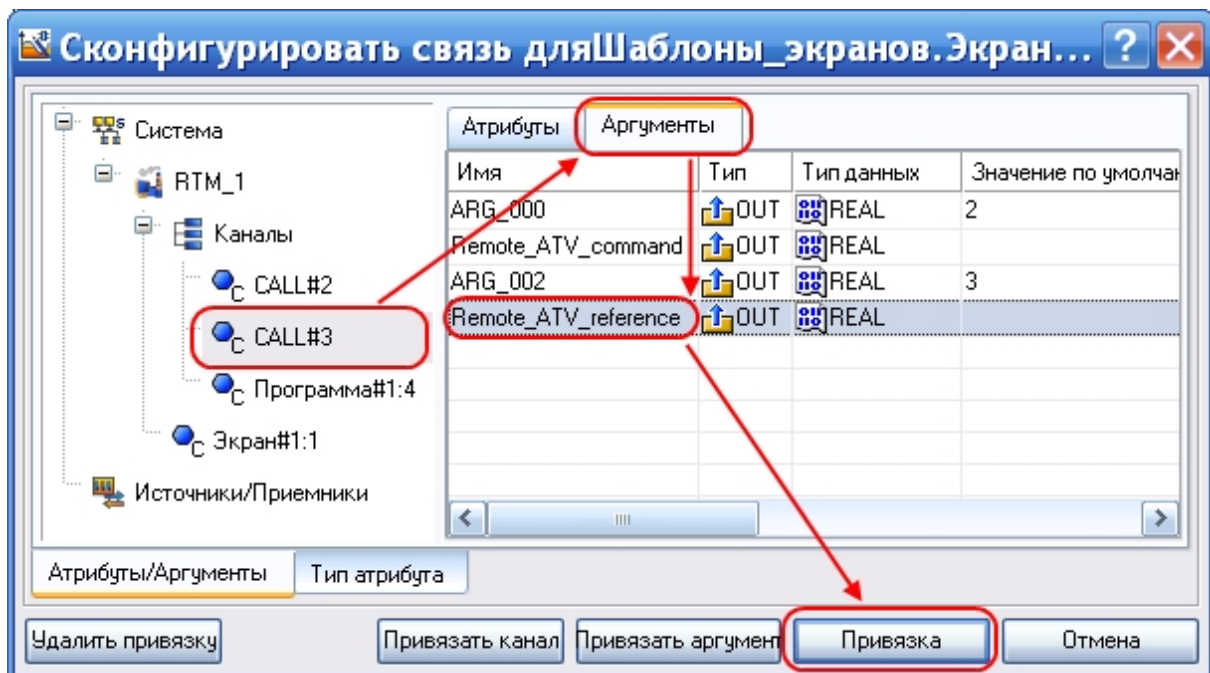


Рисунок 16 – Прив'язка графічних елементів до каналів CALL клієнта

Потрібно зберегти проект клієнтської частини для монітора реального часу та запустити його на виконання.

Перевірка роботи системи здійснюється зміною команд для ПЧ та завдання.

Екран клієнта системи для режимів «Зупинення» та «Рух вперед» ПЧ наведено на рис. 17 та рис. 18, відповідно.

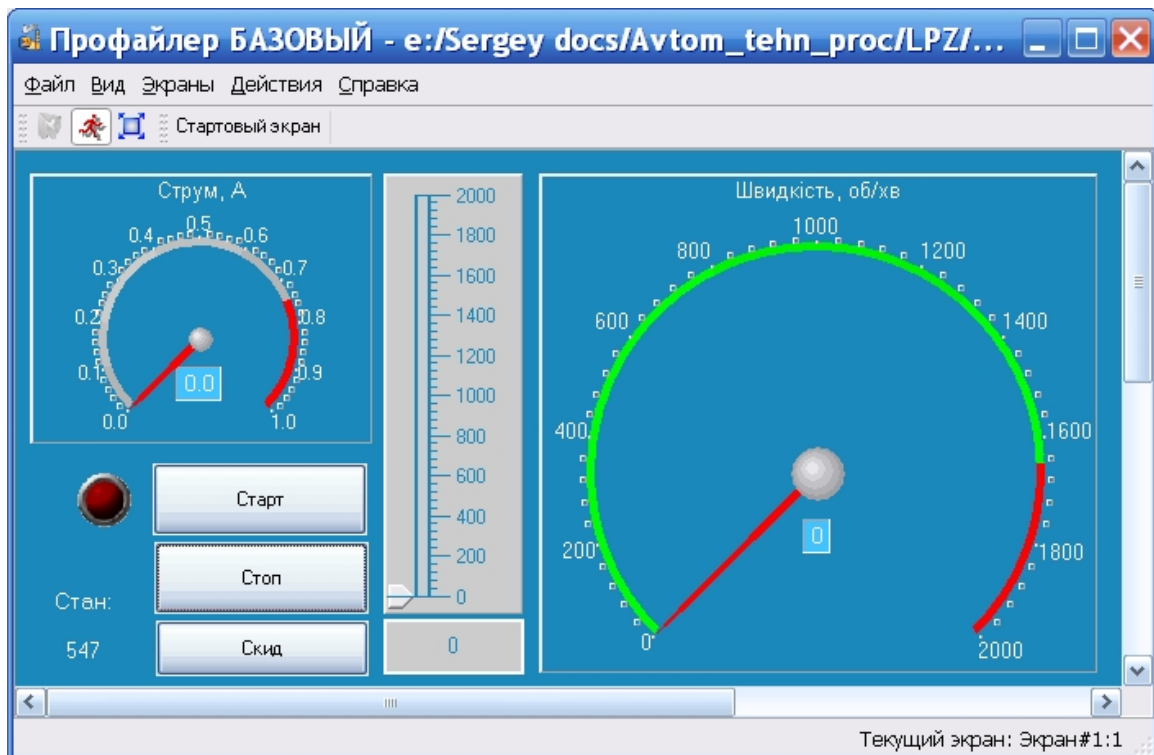


Рисунок 17 – Зразок роботи клієнтської частини системи керування ПЧ в режимі «Зупинення»

4. Потрібно зберегти проект та зробити висновки за результатами роботи.

#### 4 Питання до захисту

1. Налаштування каналів сервера для обміну даними з віддаленим клієнтом в Trace Mode.

2. Налаштування каналів клієнта для обміну даними з віддаленим сервером в Trace Mode.

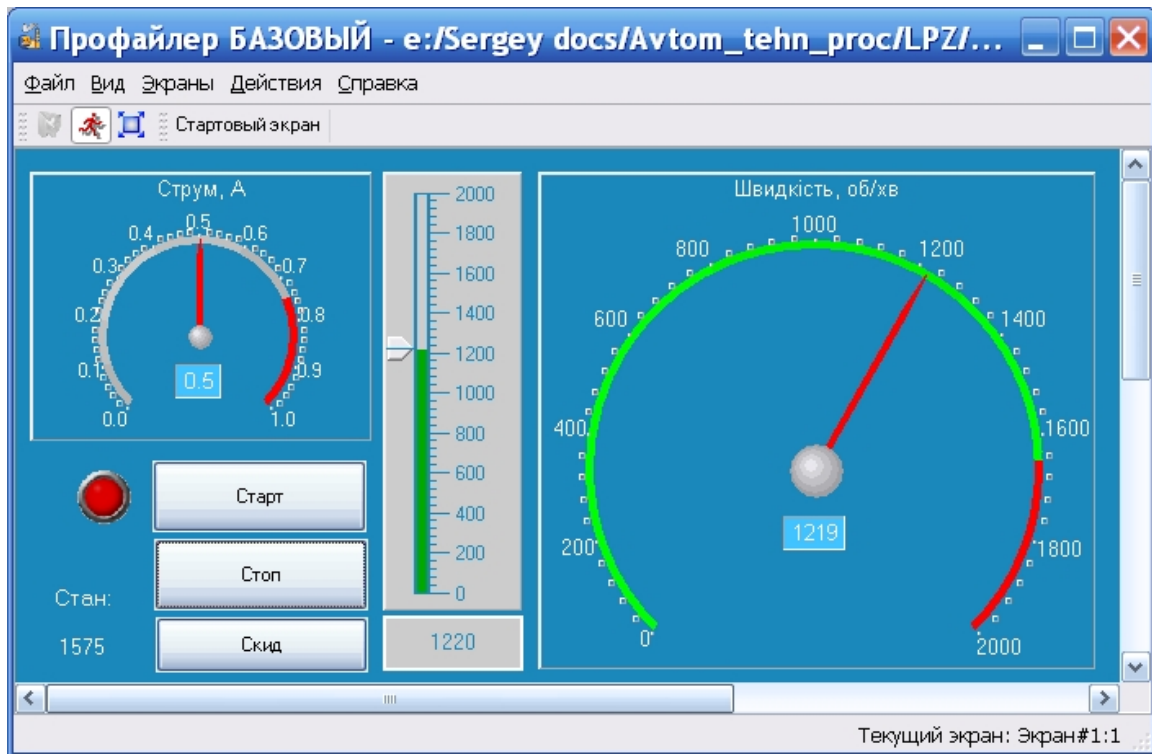


Рисунок 18 – Зразок роботи клієнтської частини системи керування ПЧ в режимі «Рух вперед»

3. Наведіть типові значення слова «статус» перетворювача частоти Altivar 31 при відпрацюванні руху вперед, назад, зупиненні, скиданні. Адреса слова «статус». Складіть програму для відтворення статусу на екрані оператора в текстовому вигляді.

4. Послідовність налаштування ПЧ Altivar 31 для керування по мережі Modbus.

5. Налаштування обміну даними між Trace Mode та іншими пристроями по послідовному порту.

6. Функції та їх виклик в середовищі програмування Trace Mode.

7. Послідовність передачі даних від клієнта до сервера з використанням каналу CALL.OtherProj. Яка максимальна кількість переданих даних може бути для такого каналу?

## Література

1. IEC 60870-5-101:2003 Telecontrol equipment and systems. Part 5. Transmission protocol. Section 101. Companion standard for basic telecontrol tasks. – European Committee for Electrotechnical Standardization : Apr 1, 2003. – 189 p.
2. Altivar 31. Преобразователи частоты для асинхронных двигателей. Руководство по программированию. – Schneider Electric. Telemecanique. – VVDED303042 RU. – 04/2002. – 77 с.
3. Altivar 31. Communication variables. User's manual. – Schneider Electric, Telemecanique. – VVDED303092 EN – 11/2003 – 57 с.
4. Руководство пользователя Trace Mode. Версия 6.0. – М. : AdAstra Research Group, Ltd. – 2008. – 517 с.
5. Пьявченко Т. А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе. Учебное пособие / Пьявченко Т. А. – Таганрог : ЮФУ, 2007. – 78 с.

**Навчальне видання**

**Методичні вказівки**

**до виконання лабораторної роботи**

**з дисципліни «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» для студентів спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»**

**на тему: «Віртуальний тренажерний комплекс для дослідження людино-машинного інтерфейсу в середовищі Trace Mode 6. Обмін даними між операторськими станціями в реальному часі»**

Редактор В. Дружиніна

Коректор З. Поліщук

Укладачі: Сергій Михайлович Левицький

Михайло Петрович Розводюк

Оригінал-макет підготовлено М. Розводюком

Підписано до друку 01.02.2016 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 1,3.  
Наклад 75 прим. Зам. № 2016.030.

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, к. 2201.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-87-38.  
publish.vntu.edu.ua; e-mail: kivc.vntu.@gmail.com  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.