

**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 КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ  
ALTIVAR 71 ПО ETHERNET»**

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**  
**керування перетворювачем частоти Altivar 71 по Ethernet»**

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 керування перетворювачем частоти Altivar 71 по Ethernet» / Уклад. С. М. Левицький, М. П. Розводюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 19 с.

У методичних вказівках розглянуто спосіб розробки віртуального тренажерного комплексу для дослідження частотно-регульованого електропривода з використанням віддаленого доступу до даних процесу по Ethernet.

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 .....	17
Література .....	18

## Вступ

Використання віртуальних тренажерних комплексів для дослідження реальних процесів з використанням сучасного обладнання та програмного забезпечення розширює горизонти енергоефективної експлуатації промислових електромеханічних систем, а також у структурі професійної освіти підготовки фахівців інженерних спеціальностей, виробничого персоналу при проведенні перепідготовки або підвищенні кваліфікації зі значним економічним ефектом.

Це не просто модель електропривода із зручним інтерфейсом, а модель електромеханічного обладнання або електромеханічного комплексу з технологічним механізмом, що дозволяє зробити принципово якісний стрибок в напрямі вирішення задач енерго- та ресурсозбереження, забезпечення ефективного керування процесами перетворення енергії, розвитку наукових досліджень та підвищення якості підготовки фахівців.

Метою роботи є створення віртуального тренажерного комплексу для дослідження перетворювача частоти (ПЧ) Altivar 71 по Ethernet для наукового напряму наукових досліджень і професійно-орієнтованої підготовки фахівців з електромеханіки.

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

## 1. Мета роботи

Навчитися розробляти програмне забезпечення для віртуального лабораторного комплексу з ПЧ Altivar 71 з керуванням по Ethernet.

## 2. Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з призначенням, концепцією роботи, технічними характеристиками та підтримуваними інтерфейсами програмованого логічного контролера (ПЛК) M258 та ПЧ Altivar 71 з комунікаційною картою Ethernet VW3A3310 [1, 2].

2. Ознайомитись з доступними в мережі Ethernet параметрами налаштування ПЧ та розробити таблицю обміну даними між ПЛК та ПЧ, яка забезпечить пуск / зупинення / реверс електропривода та відпрацювання завдання за швидкістю обертання, контроль стану ПЧ та струмового навантаження [3].

3. За допомогою вбудованого графічного терміналу VW3A1101 або спеціального програмного забезпечення Power Suite / SoMove налаштувати один з каналів керування ПЧ на керування по Ethernet.

4. Розробити програму ПЛК M258 для керування ПЧ за допомогою порту Ethernet з візуалізацією. Сторінка візуалізації повинна забезпечувати керування та моніторинг стану перетворювача частоти Altivar 71. В сторінці передбачити:

- пуск, зупинення та зміну напрямку обертання електропривода,
- введення заданої швидкості,
- контроль фактичної швидкості, струму та стану електропривода.

Задання швидкості та навантаження здійснювати через цифрову клавіатуру з автоматичним викликом.

Для контролю швидкості та струму використати цифрову індикацію та індикацію зі шкалою.

5. Відкомпілювати проект програми ПЛК та перевірити роботу сторінки візуалізації в режимі симуляції.

6. Завантажити розроблений проект в ПЛК.

7. Перевірити підключення ПЧ до мережі Ethernet та відповідність введеної IP-адреси.

8. Запустити програму в ПЛК на виконання, зберігаючи режим «онлайн» після завантаження проекту. Перейти на сторінку візуалізації проекту.

9. Реалізувати пуск, зупинення та реверс електропривода за допомогою сторінки візуалізації. Змінити швидкість обертання електропривода. Перевірити значення швидкості обертання, струму та стану при зміні команди ПЧ та задання швидкості обертання. Відключити під час роботи системи ПЧ від живлення та перевірити повідомлення про поточний стан ПЧ.

10. Зробити висновки по роботі, вказавши область застосування розробленої системи, її відмінності від відомих.

### **3. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи**

**Налаштування перетворювача частоти.** Для керування ПЧ Altivar 71 (Schneider Electric) по мережі Ethernet необхідно використовувати додаткову комунікаційну мережеву карту Ethernet VW3A3310. Після установлення мережевої карти потрібно провести налаштування самої карти та каналу керування приводом від мережевої карти. Вказані налаштування можна здійснювати або за допомогою виносного терміналу VW3A1101, або за допомогою середовища конфігурації приводної техніки SoMove або Power Suite [2]. Нижче розглянуто приклад налаштування в середовищі Power Suite.

В середовищі Power Suite створюється новий канал підключення до ПЧ Altivar 71 з використанням COM-порту та протоколу Modbus RTU. Після підключення до ПЧ та отримання поточних налаштувань потрібно зберегти конфігурацію обладнання в середовищі Power Suite. Далі слід перейти на сторінці параметрів ПЧ по дереву налаштувань на вузол Ethernet та сконфігурувати адресу комунікаційної карти за вказаним на рис. 1 прикладом. Налаштування в полі Master IP address (0.0.0.0) дозволить керувати ПЧ з іншого обладнання (ПК, ПЛК) по Ethernet незалежно від його IP-адреси.



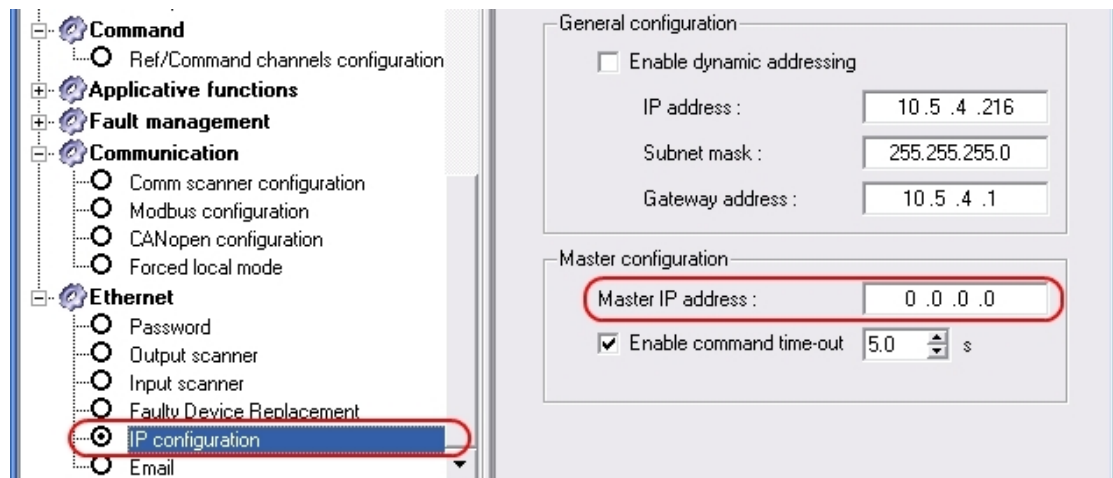


Рисунок 1 – Налаштування IP-адреси комунікаційної карти ПЧ

Наступним кроком налаштування ПЧ є вибір адрес регістрів (слів), необхідних для керування приводом. Такими регістрами є: слова команди, задання швидкості, статусу та поточної швидкості. За допомогою таблиці Comm scanner configuration (рис. 2) потрібно налаштувати адреси регістрів таким чином, щоб вони розташовувались послідовно (в прикладі: від 8601 до 8604). Для контролю навантаження привода можна додати в список сканованих регістрів, наприклад, струм двигуна (адреса 3204).

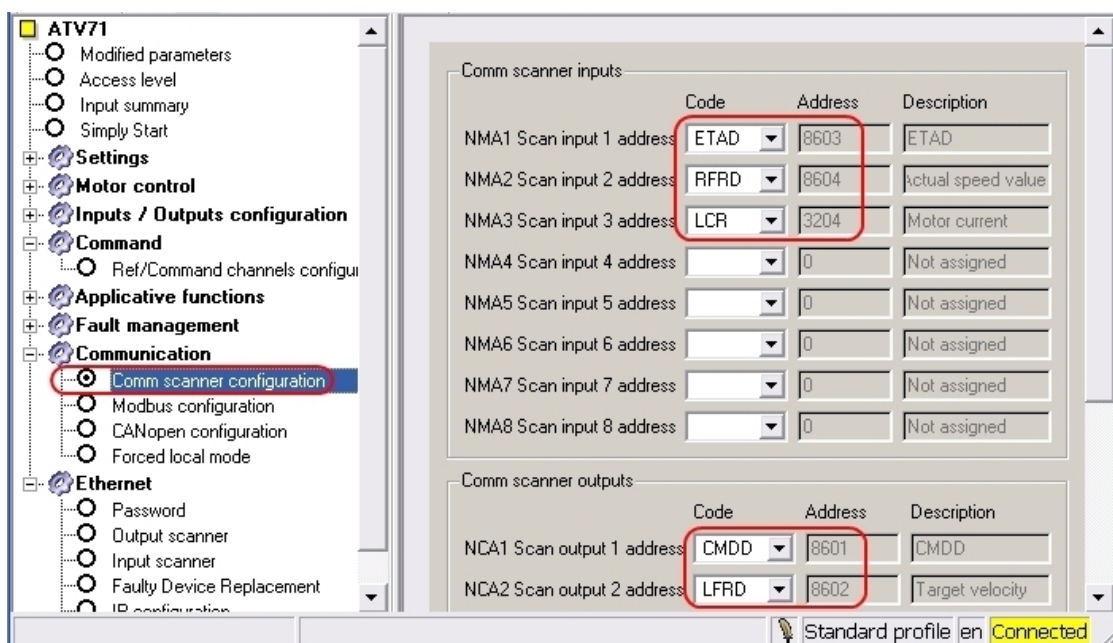


Рисунок 2 – Налаштування адрес сканованих регістрів  
для моніторингу та керування приводом

Важливим налаштуванням мережевої карти є її Modbus-адреса зі сторони протоколу низького рівня. Для її конфігурації потрібно у вузлі Communication / Modbus configuration встановити параметр AMOC у відповідному полі (рис. 3).

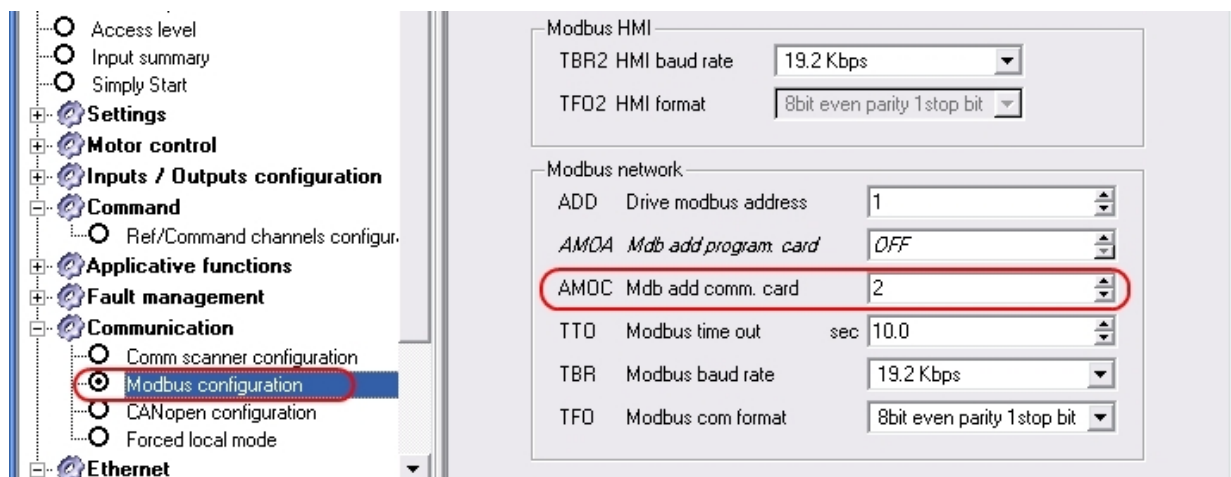


Рисунок 3 – Налаштування Modbus-адреси комунікаційної карти ПЧ

Останньою дією при налаштуванні ПЧ є встановлення одного з активних каналів керування приводом на комунікаційну карту. На вказаному нижче прикладі (рис. 4) для комунікаційної карти вибраний канал керування 2 (FR2), а перемикачем каналів є дискретний вхід ПЧ LI4. При подачі напруги 24 В на вказаний вхід ПЧ переходить на канал керування FR2.

**Розробка програмного забезпечення ПЛК.** Для налаштованого каналу керування приводом в цілому достатньо з будь-якого Ethernet пристрою, який може ініціювати обмін даними (Master), змінювати значення завдання та команди відповідно до рекомендацій виробника [3]. На базі навчального ПК таке керування можна реалізувати за допомогою OPC-сервера SCADA-системи або DDE-клієнта з підтримкою протоколу Ethernet Modbus TCP/IP. В прикладі розглянуто реалізацію керування ПЧ за допомогою ПЛК в середовищі CoDeSys [4].

В середовищі розробки створюється новий проект з мовою програмування послідовних функціональних переходів Continuous Function Chart (CFC). Для контролера налаштовується комунікаційний порт Ethernet за вказаним нижче прикладом.

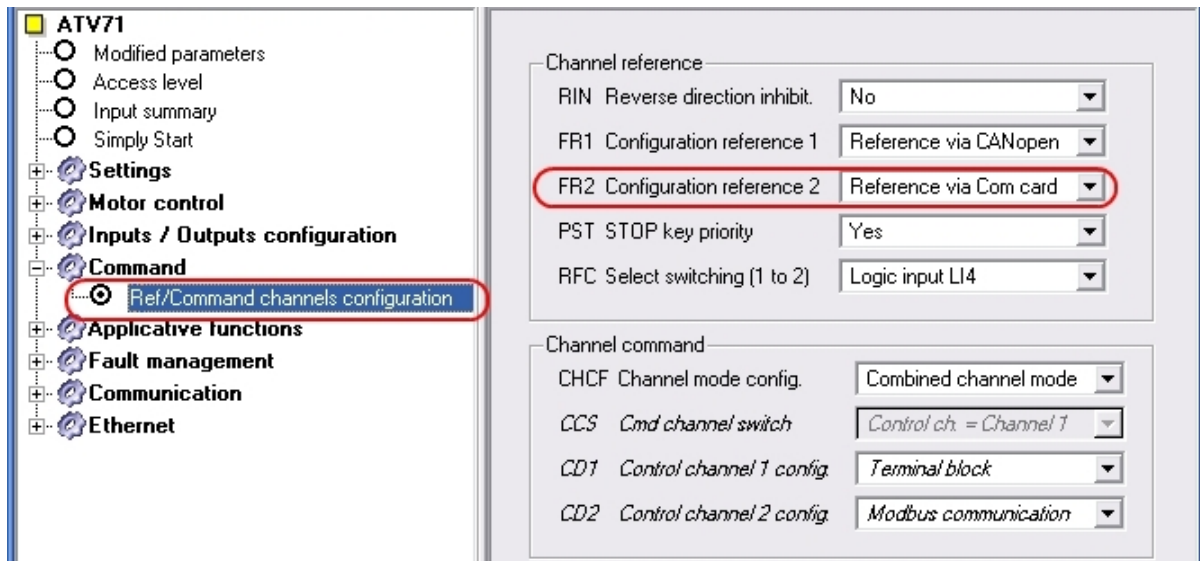


Рисунок 4 – Налаштування каналу керування ПЧ з комунікаційної карти

Потрібно вказати таку IP-адресу ПЛК, яка відповідає одному шлюзу з ПЧ [10]. В іншому разі при належності пристроїв проекту (ПЧ та ПЛК) до різних мереж слід буде вирішувати питання про спільний доступ до даних, що створить небезпеку несанкціонованого доступу до інформації з третьої сторони. Зразок налаштування порту ПЛК наведено на рис. 5.

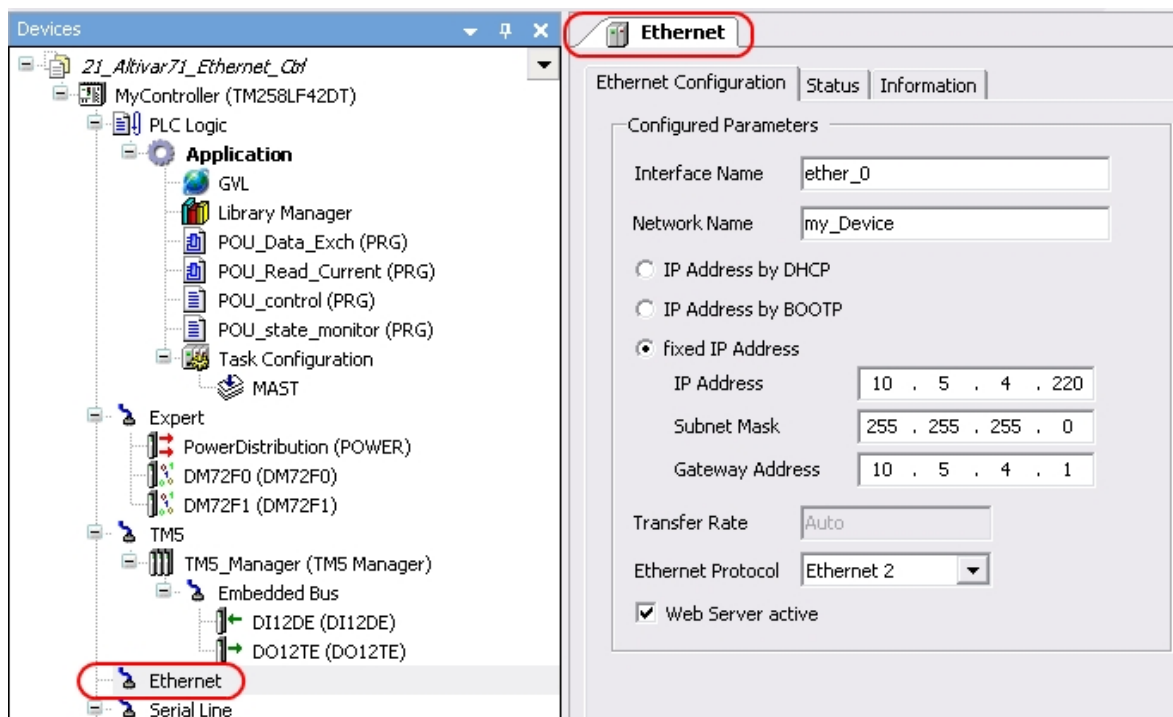
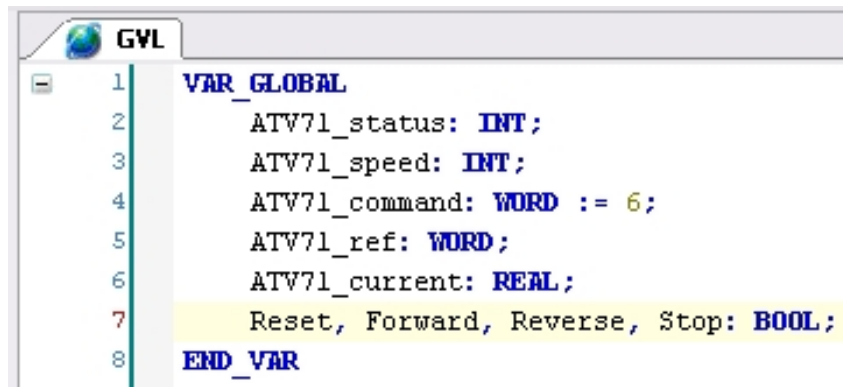


Рисунок 5 – Налаштування порту Ethernet ПЛК

Далі слід створити список глобальних змінних, які будуть доступними для всіх програмних модулів Program Organization Unit (POU) проекту системи керування. Зразок списку змінних наведено на рис. 6. Потрібно звернути увагу на типи змінних, які використовуватимуться в проекті.



```
1  VAR_GLOBAL
2      ATV71_status: INT;
3      ATV71_speed: INT;
4      ATV71_command: WORD := 6;
5      ATV71_ref: WORD;
6      ATV71_current: REAL;
7      Reset, Forward, Reverse, Stop: BOOL;
8  END_VAR
```

Рисунок 6 – Список глобальних змінних проекту системи керування

Створюється новий програмний модуль основного обміну даними під назвою POU\_Data\_Exch (CFC), зовнішній вигляд якого поданий на рис. 7.

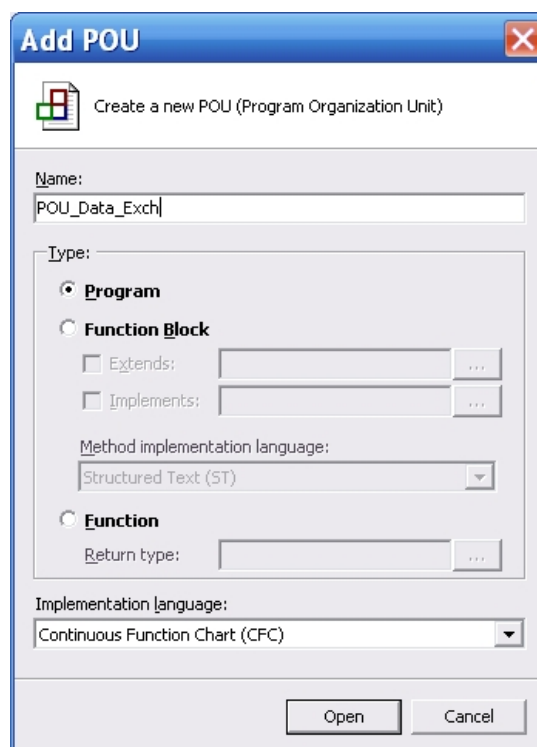


Рисунок 7 – Створення нового програмного модуля POU з мовою програмування CFC

Для відпрацювання циклу обміну даними у вибраній мові програмування CFC можна використати функціональні блоки ADDM, WRITE\_READ\_VAR. Детально призначення блоків, опис входів / виходів та правила їх використання в основному коді програми розглянуто в [5] або в Online Help system середовища розробки. Приклад коду програми наведений на рис. 8.

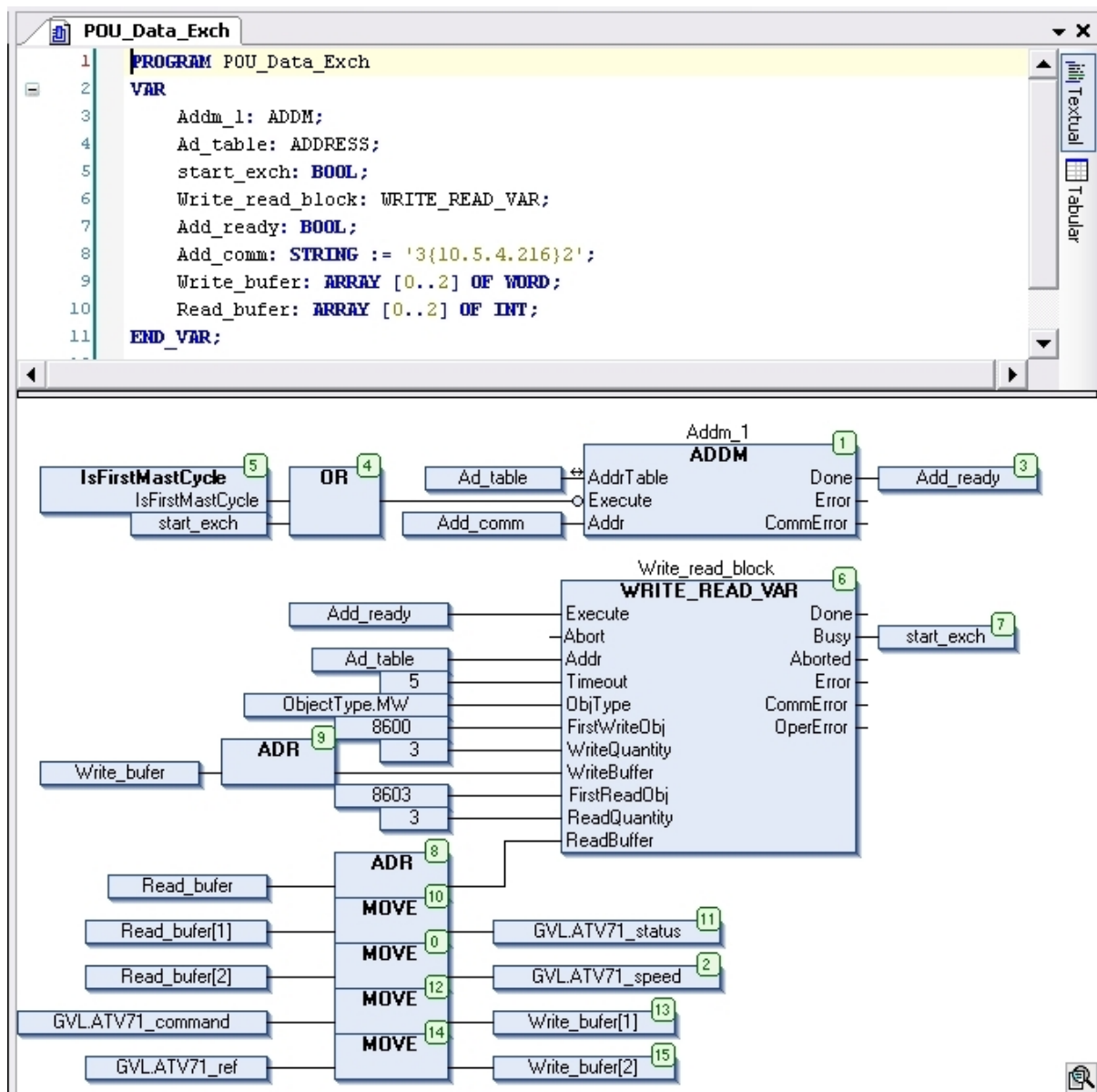
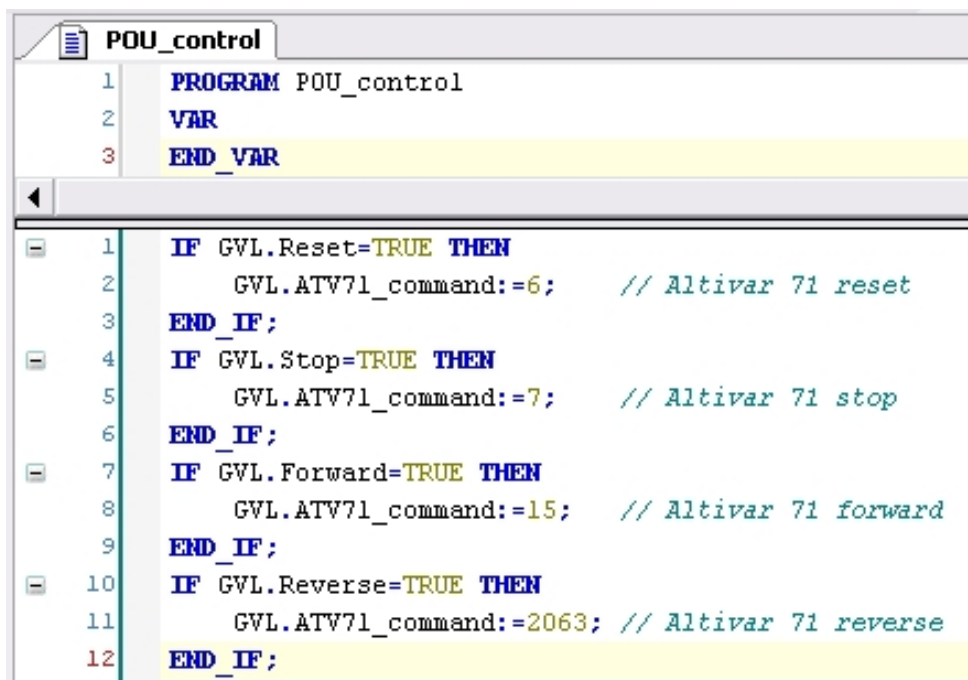


Рисунок 8 – Програмний модуль основного обміну даними

При написанні коду програми потрібно звертати увагу на типи змінних та функціональних блоків, синтаксис змінної комунікаційної адреси Add\_comm, а також послідовність введення (отримання) даних за допомогою масивів Write\_bufer та Read\_bufer.

Для відпрацювання приводом команди, яка задаватиметься відповідною глобальною змінною Reset, Forward, Stop або Reverse, потрібно створити окремий програмний модуль. Головна задача цього модуля – узгодження значень глобальних змінних з зазначеними в [2] типовими значеннями командного слова. Зразок програмного модуля узгодження мовою структурованого тексту Structured Text (ST) наведено на рис. 9.



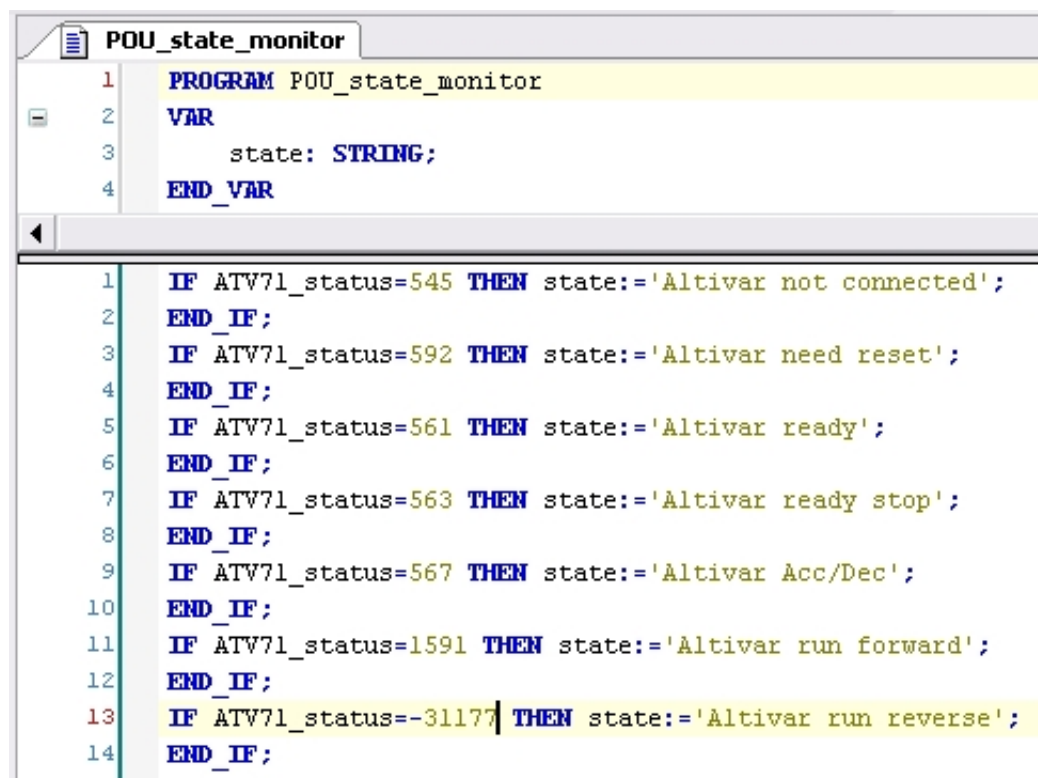
```
POU_control
1 PROGRAM POU_control
2 VAR
3 END_VAR
4
5 IF GVL.Reset=TRUE THEN
6     GVL.ATV71_command:=6; // Altivar 71 reset
7 END_IF;
8 IF GVL.Stop=TRUE THEN
9     GVL.ATV71_command:=7; // Altivar 71 stop
10 END_IF;
11 IF GVL.Forward=TRUE THEN
12     GVL.ATV71_command:=15; // Altivar 71 forward
13 END_IF;
14 IF GVL.Reverse=TRUE THEN
15     GVL.ATV71_command:=2063; // Altivar 71 reverse
16 END_IF;
```

Рисунок 9 – Програмний модуль узгодження команд

Віддалений моніторинг стану ПЧ програмою ПЛК можливий за рахунок наявності в таблиці сканованих змінних регістра ETAD (рис. 2). Цей регістр формує слово «статус» ПЧ залежно від його поточного стану (робота, зупинення, аварія, прискорення тощо). Типові значення слова «статус» також детально розглядаються в [2]. В проекті ПЛК створюється додатково змінна текстового типу (String), в яку буде записуватися поточний стан ПЧ. Для узгодження значення слова «статус» ETAD з



текстовою змінною розробляється ще один програмний модуль з назвою POU\_state\_monitor. Зразок коду програмного модуля моніторингу стану ПЧ наведено на рис. 10.



```
1 PROGRAM POU_state_monitor
2 VAR
3     state: STRING;
4 END_VAR
5
6 IF ATV71_status=545 THEN state:='Altivar not connected';
7 END_IF;
8 IF ATV71_status=592 THEN state:='Altivar need reset';
9 END_IF;
10 IF ATV71_status=561 THEN state:='Altivar ready';
11 END_IF;
12 IF ATV71_status=563 THEN state:='Altivar ready stop';
13 END_IF;
14 IF ATV71_status=567 THEN state:='Altivar Acc/Dec';
15 END_IF;
16 IF ATV71_status=1591 THEN state:='Altivar run forward';
17 END_IF;
18 IF ATV71_status=-31177 THEN state:='Altivar run reverse';
19 END_IF;
```

Рисунок 10 – Програмний модуль моніторингу стану ПЧ

За зразком програмного модуля основного обміну даними на рис. 8 розробляється модуль отримання струму ПЧ (рис. 11). За необхідності розроблений модуль можна доповнити отриманими значеннями моменту системи, потужності, вхідної та вихідної напруг ПЧ тощо, але зчитування цих змінних потрібно передбачити на етапі формування таблиці сканованих регістрів (рис. 2). Значення струму з ПЧ отримується в 0,1 А, тому для приведення змінної ATV71\_current до фізичних одиниць в програмному модулі передбачена додатково обробка значення регістра LCR (з адресою 3204).

**Розробка візуалізації проекту ПЛК.** Для дослідження системи керування та подання даних в наглядному вигляді розробляється сторінка візуалізації проекту [4]. Загальний програмний код ПЛК в усіх модулях

компілюється. Якщо виявляються помилки, їх слід усунути перед розробкою візуалізації.

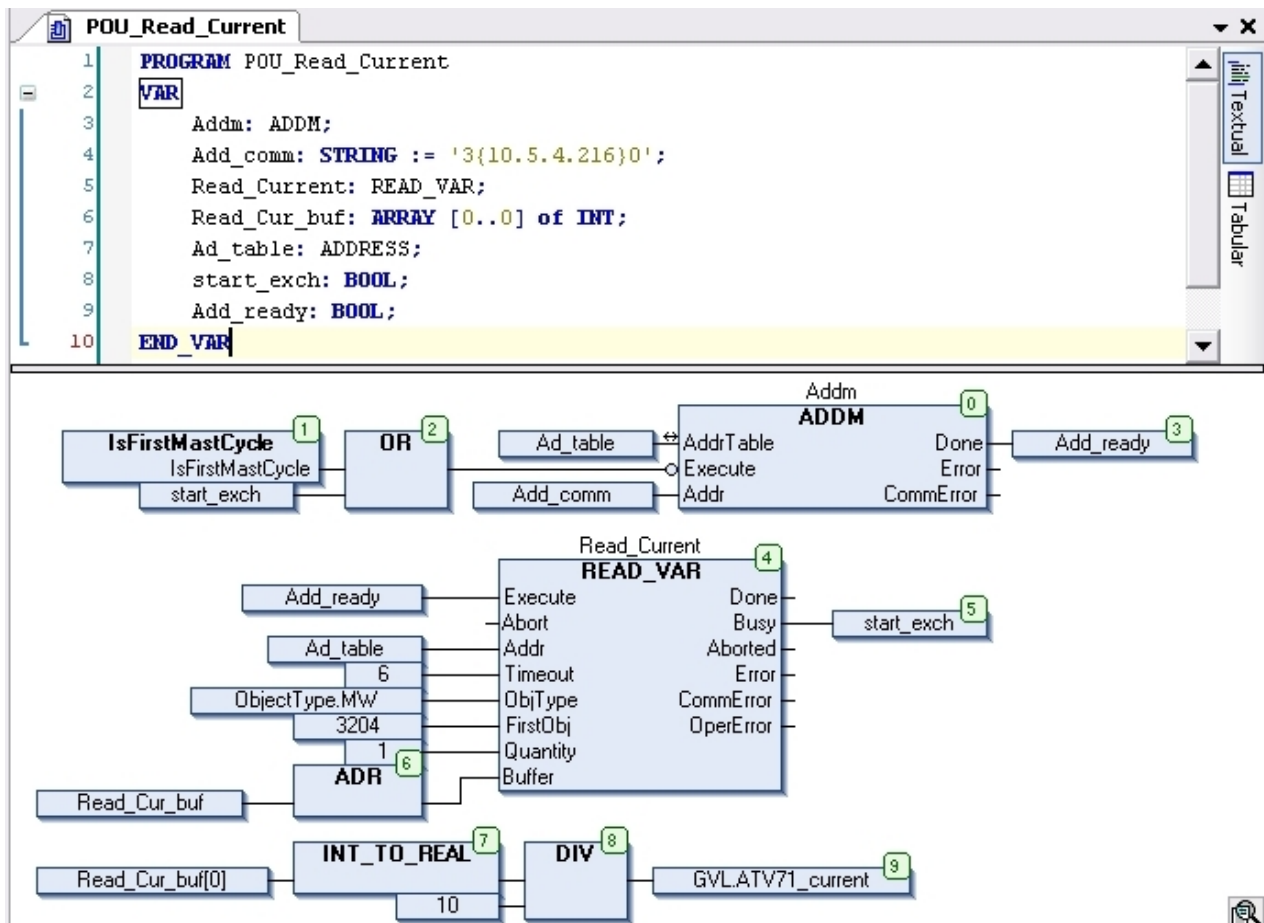


Рисунок 11 – Програмний модуль зчитування струму ПЧ

Створюється нова сторінка візуалізації шляхом вибору з дерева проекту команди Application / Add Object / Visualization. На сторінці розташовуються графічні об'єкти типу Meter, Bar Display з бібліотеки Complex Controls, а також Button, Scrollbar з бібліотеки Windows Controls.

Графічні елементи типу Button слід прив'язати до виконання елементу програмного коду, який пов'язує стан логічних команд керування ПЧ. Для виконання коду слід встановити натиснення на відповідну кнопку Reset, Forward, Stop або Reverse. Приклад елементу коду для кнопки Reset наведено на рис. 12.



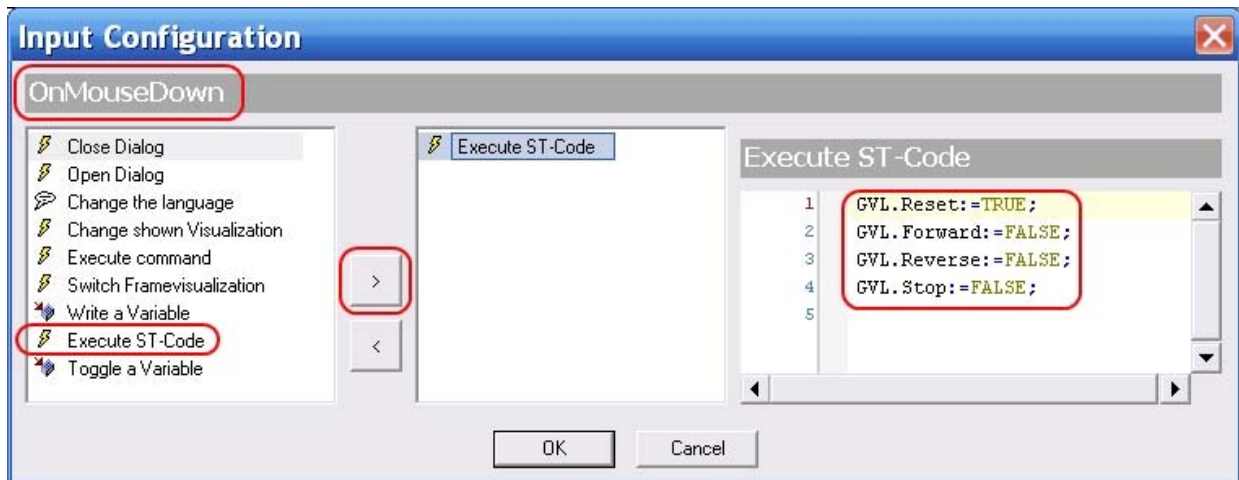


Рисунок 12 – Програмний код, налаштований на відпрацювання при натисненні кнопки Reset

Решта динамічних властивостей графічних об'єктів прив'язується до відповідних глобальних змінних. Окремо слід створити графічний елемент з відображенням текстової змінної стану ПЧ. Синтаксис полів для відображення відповідних змінних такий же, як і в мові програмування С.

Зразок сторінки візуалізації проекту системи керування наведено на рис. 13.

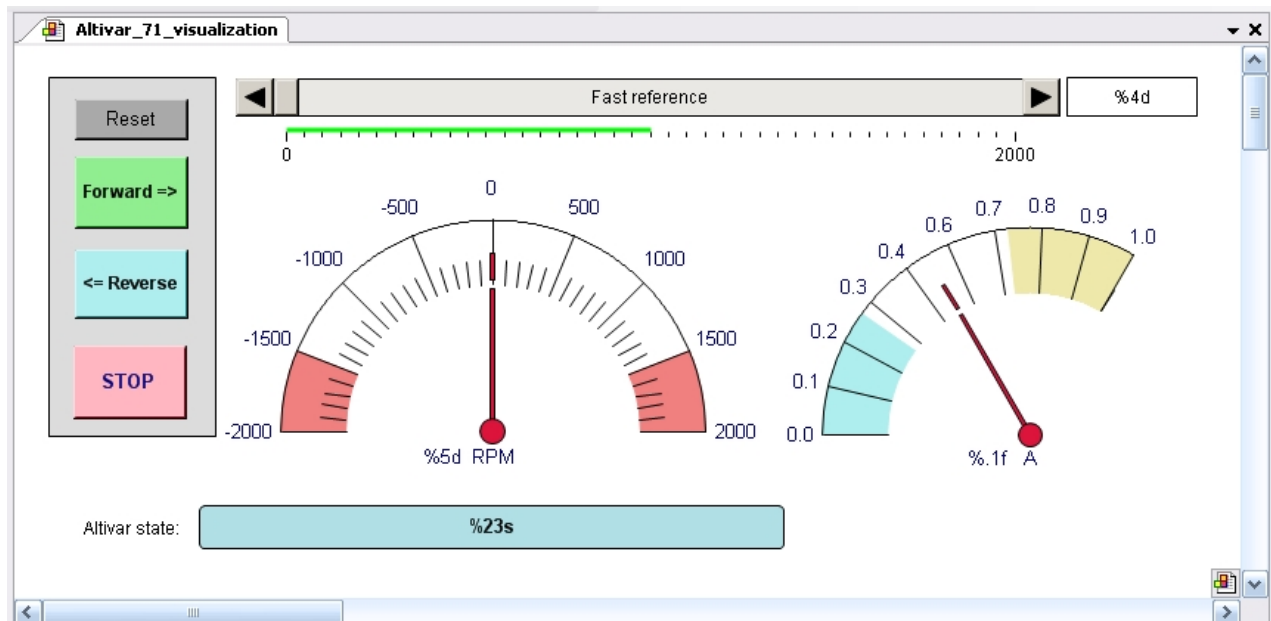


Рисунок 13 – Приклад сторінки візуалізації системи керування ПЧ

Надалі проект компілюється ще раз та передається до ПЛК. Перевірка роботи проекту здійснюється із збереженням зв'язку On-line з ПЛК та використанням сторінки візуалізації або таблиці глобальних змінних. Приклади роботи обладнання в режимі On-line наведено на рис 14–16.

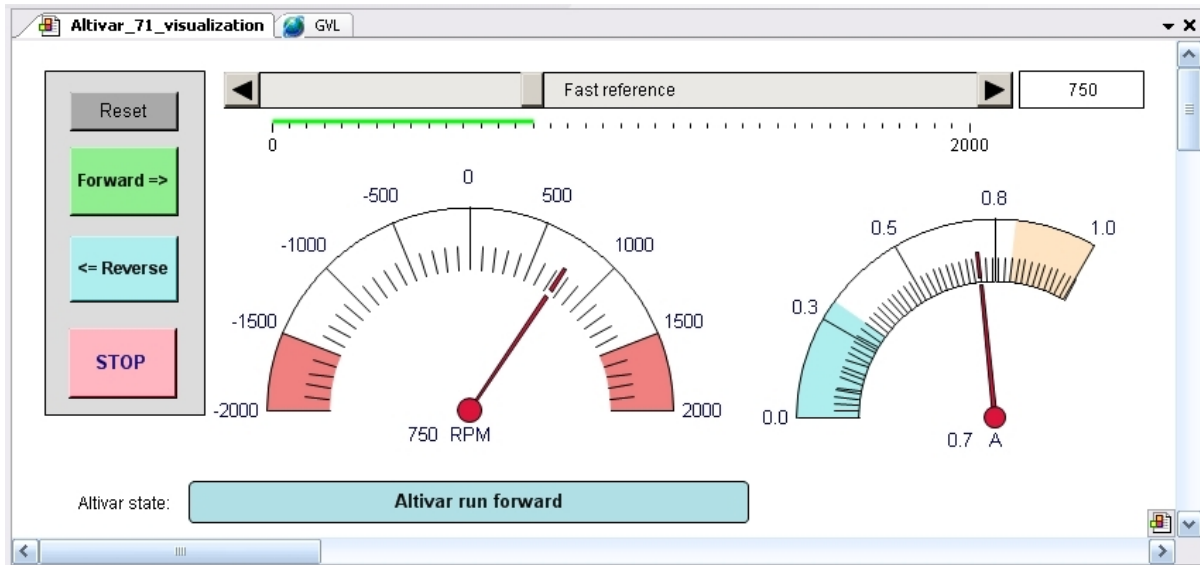


Рисунок 14 – Приклад сторінки візуалізації при роботі в режимі «Вперед (forward)»

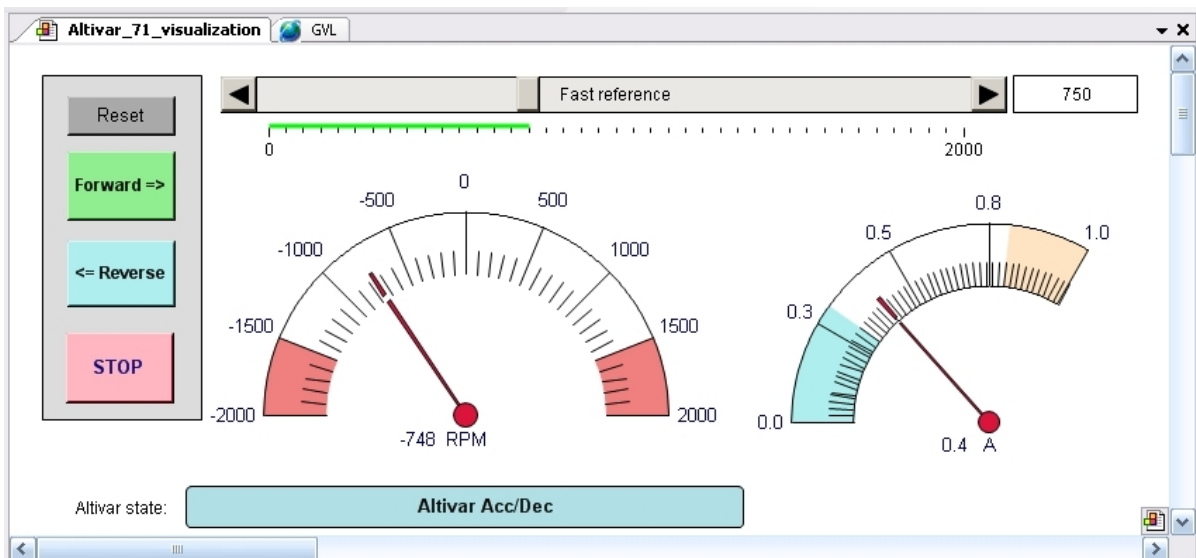


Рисунок 15 – Приклад сторінки візуалізації при роботі в режимі «Назад + розгін (reverse+accelerate)»

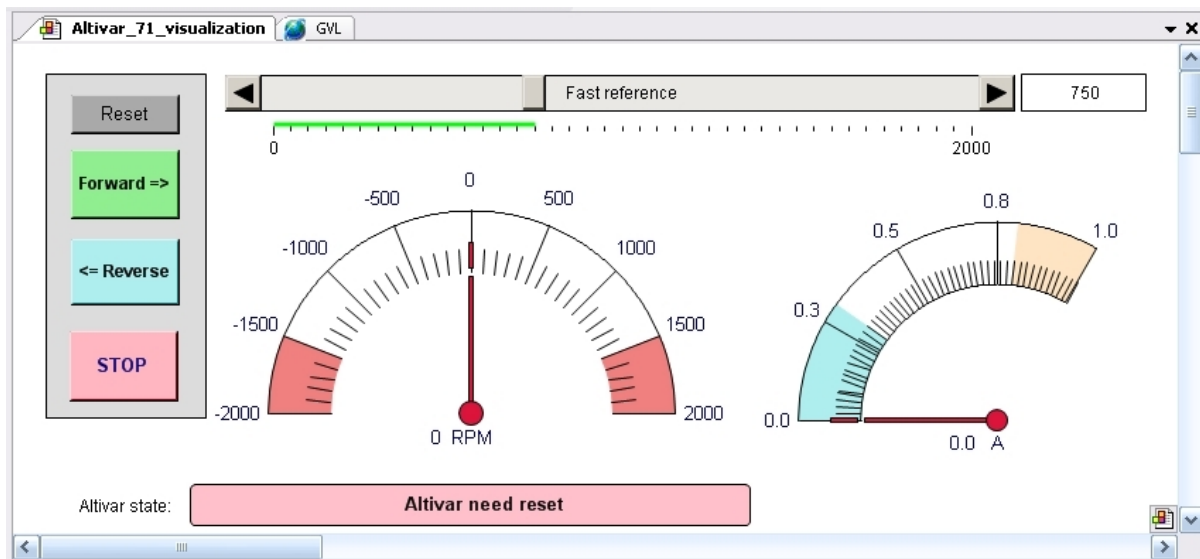


Рисунок 16 – Приклад сторінки візуалізації при роботі в режимі «Зупинення, необхідний скид (NST)»

#### 4. Питання до захисту

1. Поясніть призначення та функціональні можливості регульованих електроприводів з мережевим керуванням в системах автоматизації.
2. Які компоненти систем автоматизації в мережі Industrial Ethernet виступають клієнтами, а які серверами? В чому полягає різниця між ними?
3. Чи можливе керування ПЧ Altivar 71 по мережі Ethernet одночасно з кількох ПЛК? Поясніть варіанти відповідей.
4. Поясніть, які задачі вирішуються на основних етапах розробки програмного забезпечення контролера.
5. Вкажіть, які операції та команди можуть виконуватись за графічних елементів – інструментів візуалізації проекту ПЛК.
6. Порівняйте послідовність розробки комплексу для керування ПЧ по мережі Modbus RTU (RS485) та Modbus TCP (Ethernet). Яку апаратну частину повинні мати компоненти комплексу (ПЛК та ПЧ) для вказаних варіантів.
7. Поясніть принцип обміну даними між компонентами систем автоматизації по протоколу Modbus RTU (RS485).
8. Поясніть принцип обміну даними між компонентами систем автоматизації по протоколу Modbus TCP (Ethernet).

## Література

1. Modicon M258 Logic Controller. Programming Guide. – Schneider Electric : 2011. – 260 p.
2. Altivar 71. Преобразователи частоты для асинхронных двигателей. Руководство по программированию. – Schneider Electric : 2009 – 262 с.
3. Altivar 71. Communication parameters. User's manual. Specification 383. – Schneider Electric : 2009. – 138 p.
4. SoMachine. Programming Guide. – Schneider Electric : 2011. – 288 p.
5. SoMachine. Modbus and ASCII Read/Write Functions. PLCCommunication Library Guide. – Schneider Electric : 2011. – 82 p.

*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 керування  
перетворювачем частоти Altivar 71 по Ethernet»**

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. № 2016-031.

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.