

ОРГАНІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЧАСТОТНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ SINAMICS G120 НА БАЗІ PLC SIMATIC S7-300 І КОМУНІКАЦІЇ PROFIBUS-DP

Л.М. Заміховський, М.Я. Николайчук

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48000,
e-mail: ktsu@nimg.edu.ua*

Проаналізовано структуру слів управління і стану відповідно до PROFIdrive-профілю для організації управління і діагностування частотного перетворювача Sinamics G120.

Реалізовано і досліджено комунікаційні процедури на основі спеціалізованих функціональних блоків і блоків даних для управління Sinamics G120.

Розроблено проект системи управління Sinamics G120 на базі PLC Simatic S7-300 з циклічною комунікацією на шині PROFIBUS-DP.

Ключові слова: PROFIdrive-профіль, частотний перетворювач, Sinamics G120, PLC Simatic S7-300, комунікаційна шина PROFIBUS-DP.

Проанализированы структуры слов управления и состояния относительно PROFIdrive-профиля для управления и диагностики частотного преобразователя Sinamics G120.

Реализованы и исследованы коммуникационные процедуры на основании специализированных функциональных блоков и блоков данных для управления Sinamics G120.

Разработан проект системы управления Sinamics G120 на базе PLC Simatic S7-300 с циклической коммуникацией на шине PROFIBUS-DP.

Ключевые слова: PROFIdrive-профиль, частотный преобразователь, Sinamics G120, PLC Simatic S7-300, коммуникационная шина PROFIBUS-DP.

Structures of words of management and condition concerning a PROFIdrive-profile for management and diagnostics of frequency converter Sinamics G120 are analysed.

Communication procedures on the basis of specialised functional blocks and blocks of the data for management Sinamics G120 are realised and investigated.

It is developed the project of control system Sinamics G120 on the basis of PLC Simatic S7-300 with cyclic communications on tyre PROFIBUS-DP.

Keywords: PROFIdrive-profile, frequency converter, Sinamics G120, PLC Simatic S7-300, communication tyre PROFIBUS-DP.

Вступ

Дослідження, проектування і впровадження систем частотного управління електроприводом в різних галузях народного господарства України є актуальною науково-технічною задачею, що пов'язана з підвищенням рівня автоматизації і ефективності виробництва. Особливо актуальною вона є для енергомістких галузей промисловості, зокрема нафтогазовидобувних і переробних.

Вирішення вказаної задачі дасть змогу забезпечити уніфікацію, здешевлення, спрощення процедур автоматизованого проектування, експлуатації і обслуговування приводного обладнання, а також реалізацію процедур віддаленого (з використанням сучасних інформаційних мереж) управління електроприводом з функціями діагностування і захисту) [1].

У статті наводяться результати дослідних і проектних робіт, виконані авторами в рамках угоди про співпрацю між ІФНТУНГ і дочірнім підприємством зі 100% іноземною інвестицією «Сіменс Україна», а також договором №94/2009 «Розроблення методики проектування систем управління для нафтогазової промисловості» [2].

Розглянемо структуру профіля PROFIdrive для управління Sinamics G120

PROFIdrive є стандартизованим інтерфейсом управління частотними перетворювачами «Siemens» на комунікаційних шинах PROFIBUS-DP (Process Field Bus – Distributed Periphery) і PROFINET [3, 4].

Частотні перетворювачі Sinamics G120 управляються через PROFIdrive-профіль V4.1, який визначає структуру даних циклічної або ациклічної комунікації між PLC (Programmable Logic Controller) і Sinamics G120.

Циклічна комунікація між PLC і Sinamics G120

PROFIdrive визначає різні типи «телеграм», які містять пакети даних з відповідними значеннями і послідовністю для забезпечення циклічної комунікації. В табл. 1 наведено типи «телеграм» для управління частотним перетворювачем Sinamics G120 [5].

Таким чином, управління частотними перетворювачами з використанням PROFIdrive-профілю полягає у циклічній двонаправленій комунікації через шину PROFIBUS-DP з використанням структурованих даних у вигляді «телеграм», основними елементами яких є слова управління і слова стану. Нижче проаналізо-

Таблиця 1 – Типи телеграм для управління Sinamics G120

Тип телеграми	Параметр каналу (PKW) параметр даних	Дані процесу (PZD) – слова управління і стану, фактичні значення					
		PZD01 STW1 ZSW1	PZD02 HSW HIW	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06
Телеграма 1 (управління швидкістю), 2 слова	-	STW1	NSOLL_A	Пересилка слова управління (PLC → Sinamics G120)			
		ZSW1	NIST_A	Пересилка слова стану (Sinamics G120 → PLC)			
Телеграма 20 (управління швидкістю VIK/NAMUR), 2 або 5 слів	-	STW1	NSOLL_A				
		ZSW1	NIST_A_GLATT	IAIST	MIST	PIST	
Телеграма 350 (управління швидкістю), 4 слова	-	STW1	NSOLL_A	M_LIM	STW2		
		ZSW1	NIST_A_GLATT	IAIST	ZSW2		
Телеграма 352 (управління швидкістю), PCS7	-	STW1	NSOLL_A	PCS7 дані процесу			
		ZSW1	NIST_A_GLATT	IAIST	MIST	FAULT_CODE	WARN_CODE
Телеграма 353 (управління швидкістю), PKW 4/4 і PZD 2/2	+	STW1	NSOLL_A				
		ZSW1	NIST_A_GLATT				
Телеграма 354 (управління швидкістю), PKW 4/4 і PZD 6/6	+	STW1	NSOLL_A	PCS7 дані процесу			
		ZSW1	NIST_A_GLATT	IAIST	MIST	FAULT_CODE	WARN_CODE
Телеграма 999 Вільна взаємна комунікація через BICO	-	STW1	Довжина телеграми управління складає максимально 8 слів. Основна конфігурація визначається користувачем (наприклад, в HW Config (універсальний модуль в GSD))				
		ZSW1	Довжина телеграми стану складає максимально 8 слів. Основна конфігурація визначається користувачем (наприклад, в HW Config (універсальний модуль в GSD))				
Абревіатура		Визначення					
STW1/2 ZSW1/2 NSOLL_A NIST_A_GLATT IA_IST MIST PIST M_LIM FAULT_CODE WARN_CODE		Control word 1/2 - Слова управління (одне або два) Status word 1/2 - Слова стану (одне або два) Speed or frequency setpoint - задана швидкість або частота Smoothed speed or actual frequency value - Усереднена швидкість або фактичне значення частоти Current output current - Текучий вихідний струм Current torque - Текучий обертовий момент Current active power - Миттєва активна потужність Toque limit value - Значення обмеження обертового моменту Fault number - Код помилки Alarm number - Код сигнального повідомлення					

вано структури слів управління і стану частотного перетворювача Sinamics G120.

Структура слова управління Sinamics G120

В табл. 2 наведено структуру 1-го слова управління (STW1) Sinamics G120. Біти від 0-го по 10-й відповідають профілю PROFIdrive і VIK/NAMUR, а біти з 11-го по 15-й - специфічні для Sinamics G120.

Для розширення функціональних можливостей частотного перетворювача Sinamics G120 може бути використано друге слово управління (STW2).

Структура слова стану Sinamics G120

В табл. 3 наведено структуру 1-го слова стану (ZSW1) Sinamics G120. Біти від 0-го по 10-й відповідають профілю PROFIdrive і VIK/NAMUR, а біти з 11-го по 15-й специфічні для Sinamics G120.

Таблиця 2 – Структура слова управління STW1

Біт	Стан	Значення	Коментарі
0	0	OFF1	Зупинка OFF1 - гальмування за рампою (RFG – Ramp-Function-Generator) із заданою інтенсивністю, широтно-модульовані імпульси блокуються якщо $f < f_{min}$
	1	ON	Перехід інвертора в режим «готовність». Напрямок обертання визначає з 11-м розрядом
1	0	OFF2 - Coast to standstill	Зупинка OFF2 - блокуються широтно-модульовані імпульси, електропривод рухається за інерцією до зупинки
	1	No coasting to standstill	Відміна команди OFF2
2	0	OFF3 - Quick stop	Швидка зупинка OFF3 - зупинка роботи частотного перетворювача за RFG, інтенсивність якого може бути додатково встановлена
	1	No quick stop	Команда OFF3 – «швидка зупинка» відмінена
3	0	Disable operation	Управління частотним перетворювачем «заблоковано»
	1	Enable operation	Управління частотним перетворювачем «розблоковано»
4	0	Reset ramp-function generator (RFG)	Вихід RFG встановлено в «0» (можливе швидке гальмування), частотний перетворювач залишається в режимі «ON»
	1	Enable ramp-function generator (RFG)	Дозвіл RFG
5	0	Inhibit ramp-function generator (RFG)	Поточне значення, що забезпечується RFG «заблоковано»
	1	Enable ramp-function generator (RFG)	Поточне значення, що забезпечується RFG «розблоковано»
6	0	Deactivate setpoint	Вибране значення на вході RFG встановлено в «0»
	1	Enable setpoint	Дозвіл вибраного значення на вході RFG.
7	1	Fault acknowledgment	Підтвердження помилки. Далі частотний перетворювач перемикається в режим «старт заборонено»
8	0	JOG 1 OFF	Гальмування за рампою RFG
	1	JOG 1 ON	Прискорення за рампою RFG (напрямок обертання CW - за годинниковою стрілкою)
9	0	JOG 2 OFF	Гальмування за рампою RFG
	1	JOG 2 ON	Прискорення за рампою RFG (напрямок обертання CCW - проти годинникової стрілки)
10	0	No PLC	Заборона управління від PLC
	1	PLC control	Управління від PLC
11	0	No setpoint inversion	Заборона реверсу
	1	Setpoint inversion	Реверс
12	-	Not used	Не використовується
13	1	Motorized potentiometer UP	Збільшення значення цифрового потенціометра
14	1	Motorized potentiometer LOWER	Зменшення значення цифрового потенціометра
15	1/0	Data set changeover	Вибір набору даних. Залежить від протоколу: Для Sinamics G120 можна перемикається між наборами даних «0» і «1» (CDS) в слові управління, біт 15 використовує локальні або зовнішні операційні функції

Для розширення діагностичних можливостей перетворювача Sinamics G120 може бути використано друге слово стану (ZSW2).

Розглянемо конфігурацію апаратно-програмних засобів

Для вирішення задачі організації управління частотним перетворювачем Sinamics G120 від PLC Simatic S7-300 через комунікаційну шину PROFIFUS-DP використовуються такі апаратно-програмні засоби [2].

Апаратні засоби:

- IBM-сумісний PC (далі PC/PG) з необхідною конфігурацією (CPU, RAM, HDD та інш.);
- комунікаційний процесор шини PROFIFUS-DP (CP 5611);
- PLC Simatic S7-300 (CPU xxx-2DP + Power Supply);
- частотний перетворювач Sinamics G120;
- асинхронний трифазний електропривод.

Таблиця 3 – Структура слова стану ZSW1

Біт	Стан	Значення	Коментарі
0	1	Ready for switching on	Живлення увімкнено, електроніка ініціалізована, широтно-модульовані імпульси «заблоковані»
	0	Not ready for switching on	Відсутня готовність для старту
1	1	Ready for operation	Частотний перетворювач в режимі (ON), відсутня активна помилка, перетворювач може стартувати, як тільки поступить команда «Enable operation» (STW1, біт 0)
	0	Not ready for operation	-
2	1	Operation enabled	Частотний перетворювач працює (STW1, біт 3)
	0	Operation locked	-
3	1	Fault present	Присутня помилка. Робота перетворювача «заблокована» і буде відновлена після усунення визначеної помилки
	0	No fault	Помилка відсутня
4	1	"Coast to standstill" not activated	«Зупинка за інерцією» OFF2 не активована (STW1, біт1)
	0	"Coast to standstill" activated	«Зупинка за інерцією» OFF2 активована (STW1, біт1)
5	1	"Quick stop" not activated	-
	0	Quick stop activated	«Швидка зупинка» OFF 3 активована
6	1	Switch-on locked	Частотний перетворювач переходить в режим «ON» тільки тоді, коли надходять команди «відсутня зупинка OFF2» і «відсутня швидка зупинка OFF3»
	0	Switch-on not locked	-
7	1	Alarm present	Перетворювач перебуває в роботі; сигналізація в параметрі сервісу/експлуатації - не визначена; необхідно перевірити сигнальний параметр r2110
	0	No alarm	Відсутня сигналізація або сигналізація припинилася
8	1	Speed deviation within tolerance range	Відхилення фактичного значення швидкості в межах доступного діапазону
	0	Speed deviation outside of tolerance range	Відхилення фактичного значення швидкості за межами доступного діапазону
9	1	Master control requested	Система автоматизації робить запит на управління
	0	No control requested	Система автоматизації не є поточним ведучим
10	1	Maximum frequency reached or exceeded	Вихідна частота перетворювача досягла або дорівнює максимальній частоті
	0	Maximum frequency not reached	Вихідна частота перетворювача не досягла або не дорівнює максимальній частоті
11	1	-	-
	0	Alarm: Motor current/torque limit reached	Сигналізація: струм або момент електропривода досягли границі
12	1	Motor holding brake active	Гальмування електропривода активовано, сигнал може бути використано для контролю гальмування
	0	-	-
13	1	Motor overload	Дані електропривода показують перевантаження
	0	-	-
14	1	Clockwise rotation	Рух електропривода за годинниковою стрілкою
	0	Counter-clockwise rotation	Рух електропривода проти годинникової стрілки
15	1	-	-
	0	Inverter overload	Перевантаження перетворювача (струм або температура)

Програмні засоби:

- STEP 7 від V5.1 SP3 (базове програмне забезпечення для конфігурації і програмування);
- Drive ES Basic (програмне забезпечення для інтеграції частотних перетворювачів в STEP 7);
- Drive ES Simatic (бібліотека функціональних блоків для організації комунікацій);

- STARTER (програмне забезпечення для введення в експлуатацію і діагностування частотних перетворювачів).

Комунікаційні функціональні блоки і блоки даних

Бібліотека комунікаційних блоків DRVDPS7 використовується для організації комунікації між PLC Simatic S7-300 і частотни-

ми перетворювачами «Siemens», зокрема Sinamics G120.

Для циклічної комунікації достатньо двох функціональних блоків (FC – Functional Block):

- **FB31 = PCD_SEND** > send process data (циклічно передає дані процесу (слова управління і поточні установки) від PLC Sematic S7-300 до Sinamics G120));

- **FB32 = PCD_RECV** > receives process data (циклічно передає дані процесу (слова стану і дійсні значення) від Sinamics G120 до PLC Sematic S7-300)).

Розробка проекту управління частотним перетворювачем Sinamics G120 та дослідження комунікаційних процедур на базі PLC Sematic S7-300 і шини PROFIBUS-DP

Розробка проекту передбачає такі етапи:

- монтаж необхідного обладнання (PC/PG, CP5611, PLC Sematic S7-313C-2DP, PROFIBUS-DP communication, Sinamics G120, Asynchronous Motor);

- інсталяція програмного забезпечення (STEP 7 від V5.1 SP3, Drive ES Basic, Drive ES Sematic, STARTER);

- налагодження інтерфейсу між PC/PG і PLC Sematic S7-300;

- конфігурація апаратних засобів у STEP 7;

- копіювання в проект комунікаційних функціональних блоків (FB31, FB32 і додатково UDT31);

- створення екземплярних блоків даних «instance data blocks» (DB31, DB32);

- генерація блоку даних (DRIVDB1) для комунікації між PLC Sematic S7-300 і Sinamics G120;

- створення і відлагоджування програми на мовях (FBD, LAD або STL) [6];

- компіляція проекту;

- запис проекту в PLC Sematic S7-300;

- запуск і моніторинг системи управління.

На рис. 1 і рис. 2 зображено вікно (Hardware Config) і модуль (NetPro) програми STEP 7 з конфігурацією апаратних засобів і комунікацією на шині PROFIBUS-DP відповідно.

Вікно (Hardware Config) включає:

- головну стійку (UR0) зі встановленим обладнанням (PS 307 2A, CPU 313C-2DP, DI/DO8x24V/0.5A);

- комунікаційну шину PROFIBUS-DP;

- розподіл адрес входу/виходу;

- бібліотеку компонентів PLC S7-300.

Вікно модуля (NetPro) включає:

- PG/PC (програматор/персональний комп'ютер);

- PLC S7-300 (програмований логічний контролер);

- комунікаційну шину PROFIBUS-DP;

- частотний перетворювач Sinamics G120;

- бібліотеку компонентів, що підтримуються шиною PROFIBUS-DP.

Графічний інтерфейс конфігурації апаратних засобів забезпечує уніфікованість і швидкість виконання проектних процедур, виключає помилки і є наглядним, а також дозволяє одно-

кратною зміною даних на будь-якій стадії проектування виконати глобальну зміну даних у всіх модулях проекту.

На рис. 3 зображено вікно параметрів частотного перетворювача Sinamics G120, інтегрованого в пакет STEP 7 зі структурою даних відповідно до PROFIdrive-профілю V4.1.

Дані параметри визначають:

- тип «телеграми» (PZD 2/2 – два слова стану з дійсними значеннями (Actual value) і два слова управління з заданими установками);

- тип даних (input/output);

- адреса ведучого пристрою на шині PROFIBUS-DP;

- початкова адреса областей пам'яті для «обазу процесу»;

- довжина повідомлень (Length);

- формат даних (Word).

На рис. 4 зображено процедуру копіювання і включення в проект комунікаційних функціональних блоків (FB31, FB32 і додатково UDT31) з бібліотеки DRVDPS7.

Після копіювання в проект комунікаційних функціональних блоків (FB31, FB32), для них необхідно створити екземплярні блоки даних «instance data blocks» (DB31 і DB32) (рис. 5), присвоївши їх символічні імена (DB_PCD_SEND - для DB31 і DB_PCD_RECV - для DB32). Екземплярні блоки даних «instance data blocks» формуються виключно для визначених функціональних блоків, що забезпечує незалежність їх ідентифікації і обробки на всіх етапах виконання проекту.

Далі необхідно згенерувати блок даних (DRIVDB1) для комунікації між PLC Sematic S7-300 і Sinamics G120, виконавши послідовність команд (START ⇒ SIMATIC ⇒ STEP7 ⇒ Drive ES – Generate DRVDBx).

Після виконання вказаних вище процедур, створюється управляюча програма в організаційному блоці (OB1), в якій викликаються функціональні блоки (FB31, FB32) з відповідними екземплярними блоками даних (DB31 і DB32), вказуються адреси для запису і зчитування слів управління і слів стану, поточних установок і дійсних значень, а також діагностичних повідомлень. На рис. 6 і рис. 7 зображено модулі програми, які реалізують циклічну комунікацію між PLC Sematic S7-300 і частотним перетворювачем Sinamics G120 шляхом виклику відповідних комунікаційних функціональних блоків разом з екземплярними блоками даних.

Дані процедури можуть бути створені одноразово і застосовуватись для різних проектів і конфігурацій обладнання, що вирішує задачу уніфікації проектних процедур.

Додатково, для введення в експлуатацію і відпрацювання режимів роботи системи управління частотним перетворювачем Sinamics G120 може застосовуватись інструментальне програмне забезпечення концерну «Siemens» - STARTER, яке використовується автономно або інтегруватися з базовим програмним забезпеченням Sematic STEP 7 [7].

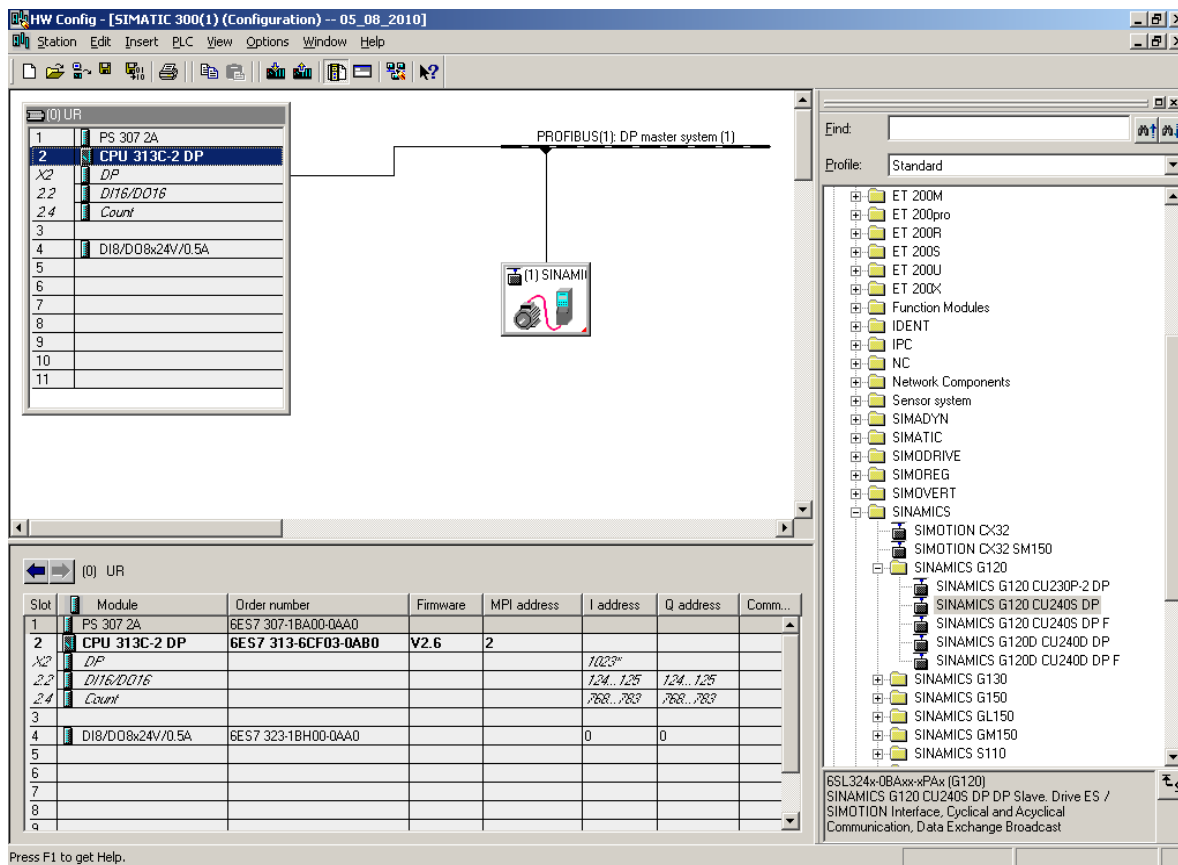


Рисунок 1 – Конфігурація апаратних засобів у вікні (Hardware Config) програми STEP 7

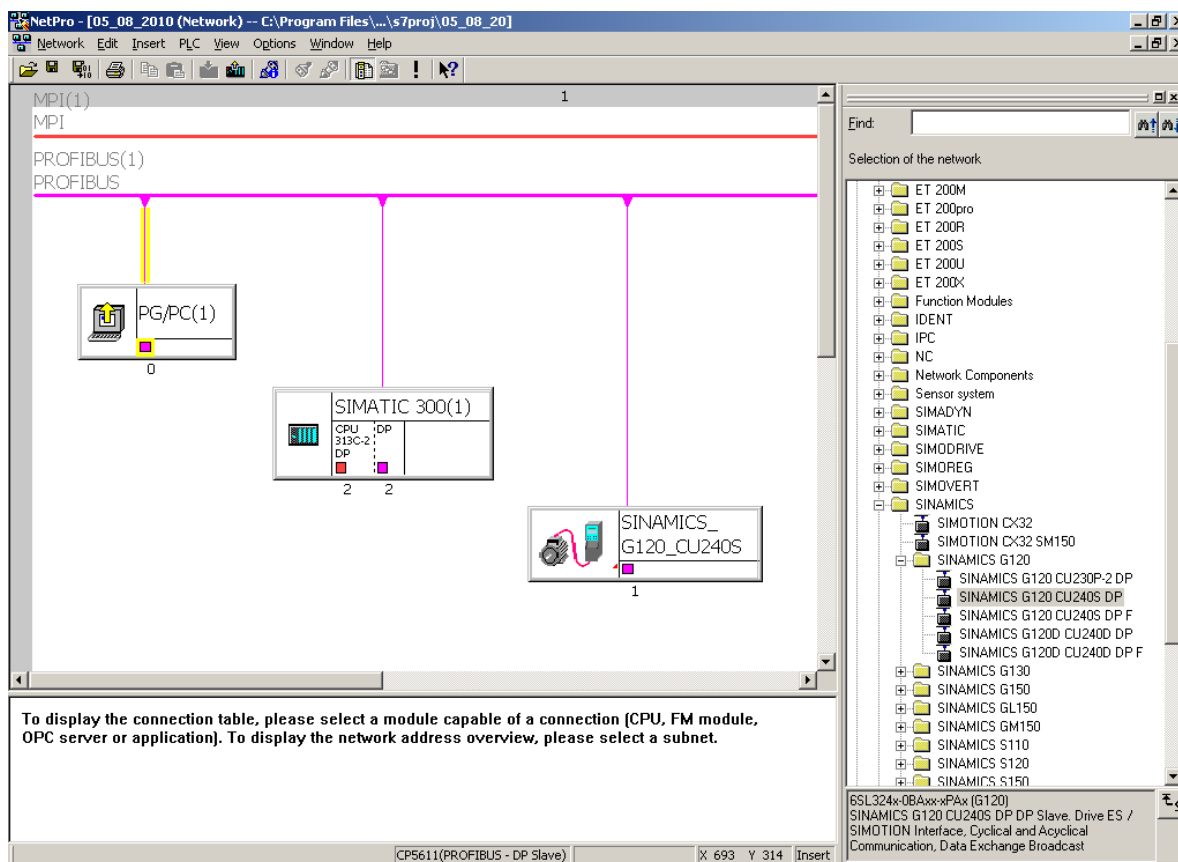


Рисунок 2 – Комунікація компонентів системи управління на шині PROFIBUS-DP в NetPro

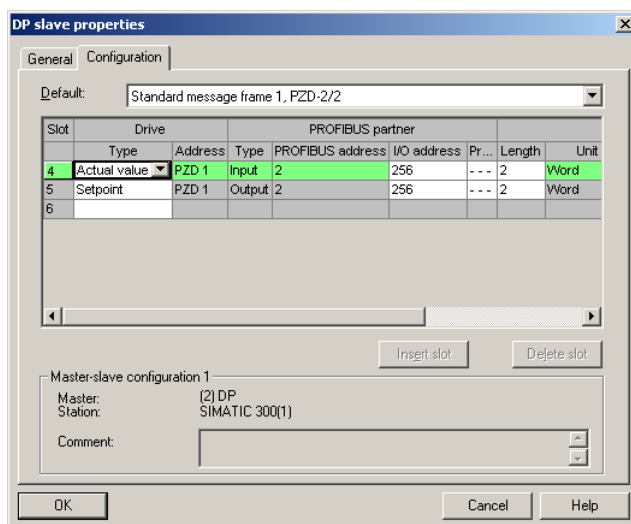


Рисунок 3 – Вікно параметрів частотного перетворювача Sinamics G120, інтегрованого в пакет STEP 7

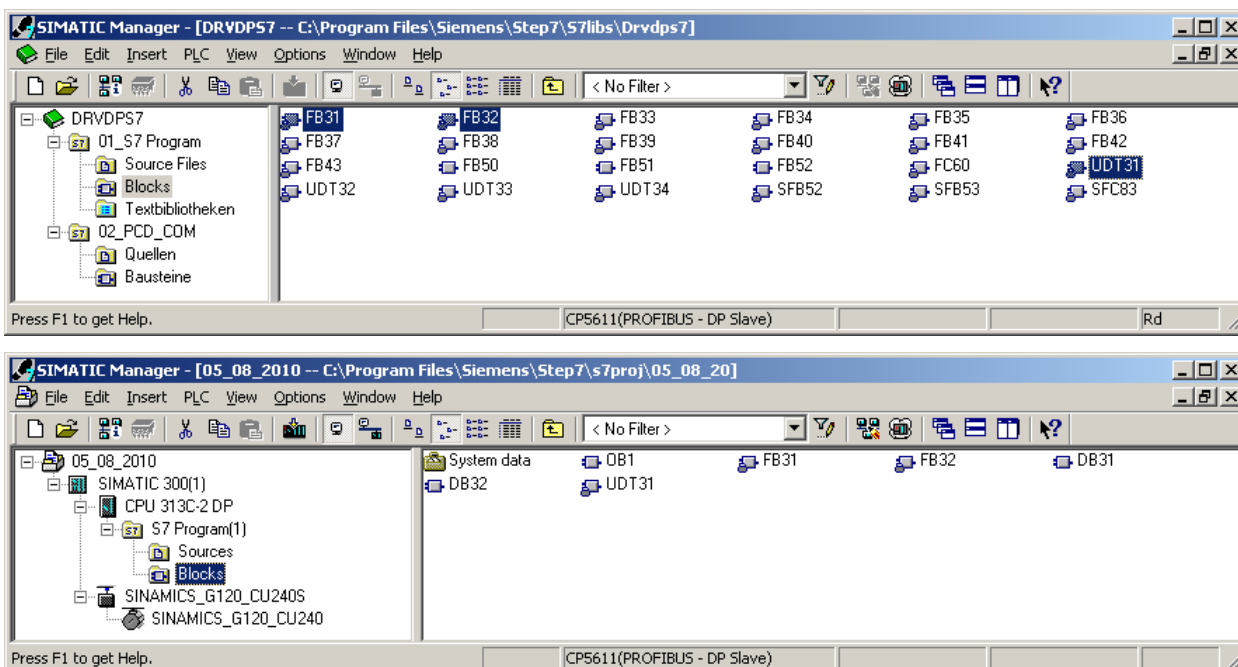


Рисунок 4 – Процедура копіювання і включення в проект комунікаційних функціональних блоків (FB31, FB32 і додатково UDT31) з бібліотеки DRVDPS7

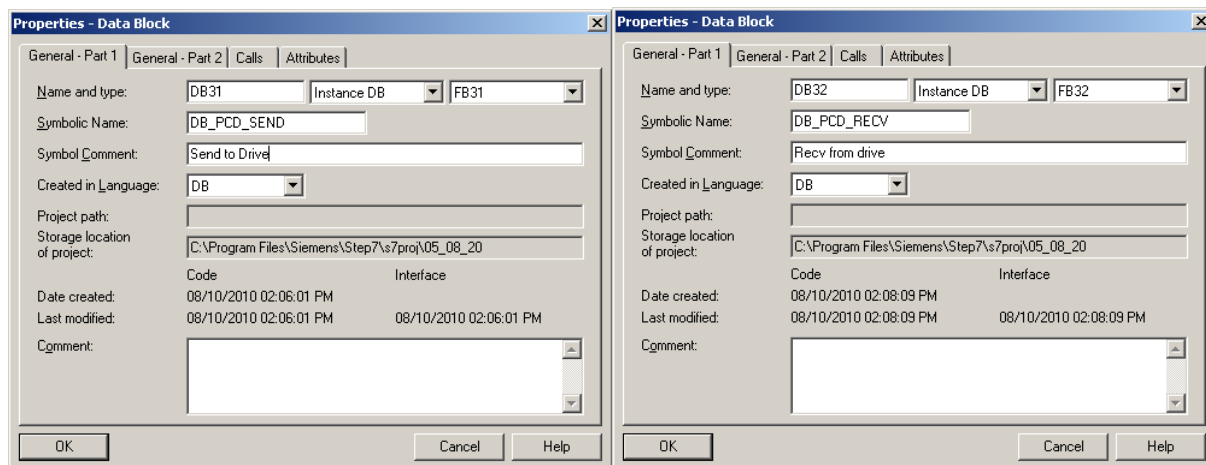


Рисунок 5 – Створення екземплярних блоків даних «instance data blocks» (DB31 і DB32)

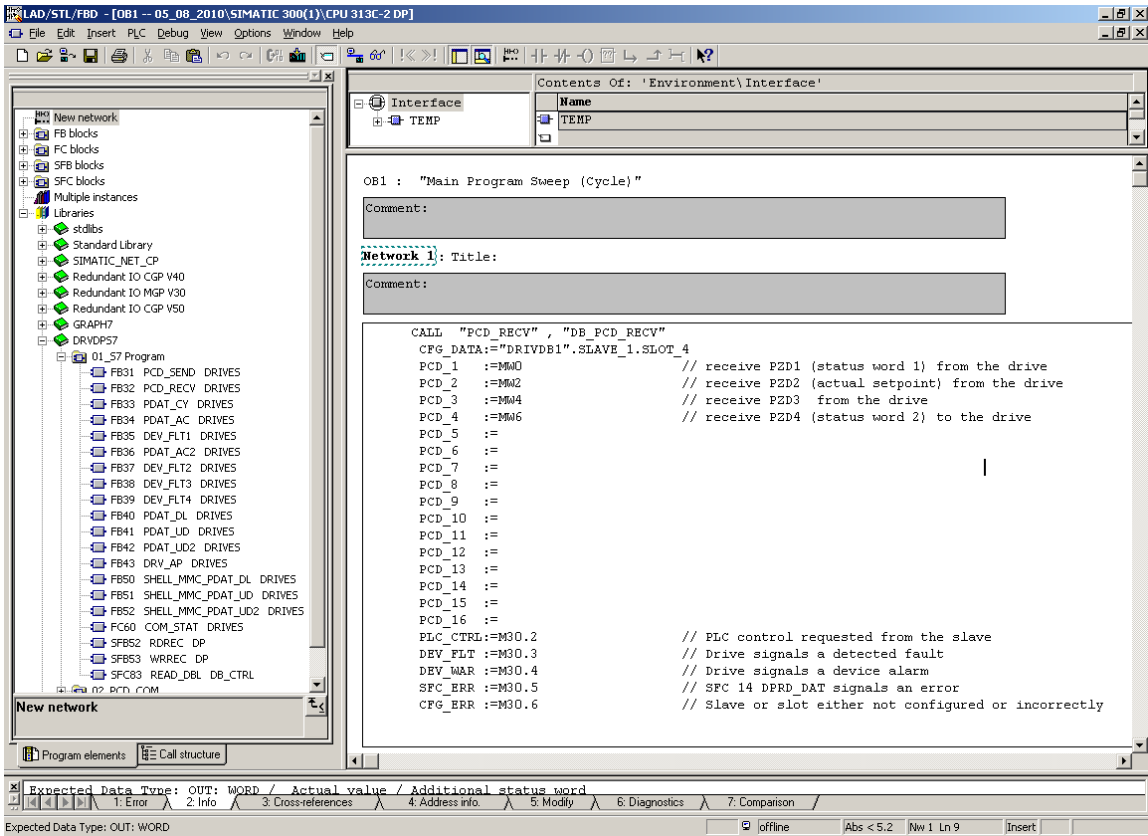


Рисунок 6 – Циклічна комунікація між PLC Simatic S7-300 і Sinamics G120 (зчитування слів стану і дійсних значень із занесенням результатів у відповідні області пам’яті)

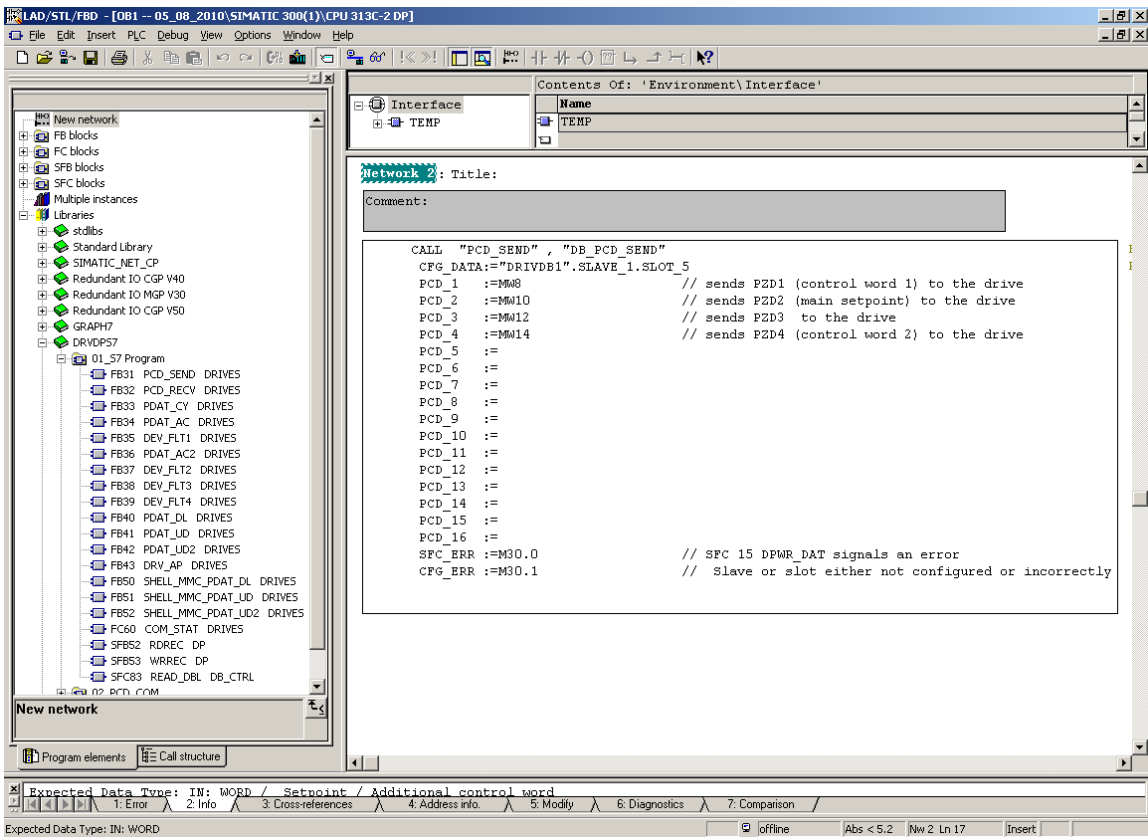


Рисунок 7 – Циклічна комунікація між PLC Simatic S7-300 і Sinamics G120 (записування слів управління і поточних установок із занесенням результатів у відповідні області пам’яті)

Комунікаційні функціональні блоки (FB31, FB32) (рис. 6, 7) уможливають передавання по шістнадцять 2-байтових слів управління, поточних установок, слів стану і дійсних значень (MW0-MW32) між PLC Simatic S7-300 і Sinamics G120 і є універсальними для всіх типів «телеграм».

Додатково, для введення в експлуатацію і відпрацювання режимів роботи системи управління частотним перетворювачем Sinamics G120 може застосовуватись інструментальне програмне забезпечення концерну «Siemens» – STARTER, яке використовується автономно або інтегруватися з базовим програмним забезпеченням Simatic STEP 7 [7].

Висновки

Проаналізовано структуру слів управління і стану відповідно до PROFIdrive-профілю для організації управління і діагностування частотного перетворювача Sinamics G120.

Реалізовано і досліджено комунікаційні процедури на основі спеціалізованих функціональних блоків і блоків даних для управління Sinamics G120.

Розроблено проект системи управління Sinamics G120 на базі PLC Simatic S7-300 з циклічною комунікацією на шині PROFIBUS-DP.

Результати дослідно-проектних робіт впроваджені в навчальний процес кафедри «Комп'ютерних технологій в системах управління та автоматизації».

Результати роботи можуть бути використані на об'єктах нафтогазовидобувної і – переробної галузей для підвищення рівня автоматизації і оперативності управління електроприводним обладнанням з функціями віддаленого управління і діагностування на основі шини PROFIBUS-DP з різною топологією, підключенням до 128 об'єктів і швидкістю передавання даних до 12 Мбіт/с.

Література

1 Заміховський Л.М. Проектування і дослідження енергоощадних систем частотного управління асинхронним електроприводом на базі обладнання Sinamics G120 / Заміховський Л.М., Николайчук М.Я. // Нафтогазова енергетика. – 2009. – № 2(11). – С. 48-57.

2 Заміховський Л.М. Розроблення методики проектування систем управління для нафтогазової промисловості / Л.М.Заміховський, М.Я.Николайчук, І.Т.Левицький, О.М.Ріба: Звіт про науково-дослідну роботу №94/2009 (№ держреєстрації 0109U003180). – Івано-Франківськ, 2010. – 144 с.

3 SINAMICS G110, SINAMICS G120 Inverter Chassis Units SINAMICS G120D Distributed Frequency Inverters: SIEMENS: Catalog D 11.1 – 2008. – 177 с.

4 SINAMICS G120. Control Units CU240S Getting Started. FW 3.2. SIEMENS: (A5E01301803B AC), 10/2008. – 240 с.

5 SINAMICS G120. CU 240S and CU 240E Control Unit, FW3.2. Operating Instruction / SIEMENS: (A5E02440075B), 03/2009. – 242 с.

6 Программирование с помощью STEP 7 V5.3. Руководство: SIEMENS (A5E00261405-01), 01/2004. – 622 с.

7 SINAMICS S120. Ввод в эксплуатацию с помощью инструмента STARTER. SIEMENS: (6SL3097-2AG00-0PP3). 03/2006. – 89 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
10.08.10*

*Рекомендована до друку професором
Юрчишиним В.М.*