

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

---

Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektroniky a informačních technologií

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zkušební stanice na bázi PLC

Autor práce: **Hynek Štefl**  
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Kosturik Ph.D.**

---

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2021/2022

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Hynek ŠTEFL**  
Osobní číslo: **E19B0117P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**  
Téma práce: **Zkušební stanice na bázi PLC**  
Zadávající katedra: **Katedra elektroniky a informačních technologií**

### Zásady pro vypracování

Vytvořte software v prostředí simatic pro testovací stanoviště, sloužící pro testy sestavy motor – měnič. Testovací stanoviště je osazeno PLC od firmy Siemens a grafickým HMI.

1. Prostudujte testovací předpisy, které popisují parametry jednotlivých testů.
2. Vytvořte software, který bude splňovat následující požadavky:
  - 2.1. Provede obsluhu stanoviště přípravou testu.
  - 2.2. Provede vlastní test a změří veličiny, potřebné pro vyhodnocení.
  - 2.3. Vyhodnotí test a výsledek vizualizuje obsluze.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40**  
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Autor: Berger, Hans Kniha: Automating with SIMATIC S7-1500 ISBN: 3-89578-404-4, 978-3-89578-404-0

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kamil Kosturik, Ph.D.**  
Katedra elektroniky a informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2022**

  
**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan

  
**Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.**  
vedoucí katedry



V Plzni dne 8. října 2021

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací multitestu – testovací stanice určené pro testování soustav motorů, optických čidel a pneumatických ventilů. Výrobcem stroje je firma SIM Technologies s.r.o., která se věnuje průmyslové automatizaci a samotný stroj je provozován ve firmě zabývající se výrobou a provozem automatických skladovacích vozíků.

První část práce je věnována stručnému popisu užití PLC a HMI. Druhá část práce je věnována popisu testovací stanice, třetí část je věnována popisu HMI obrazovky a práci s ní a čtvrtá část práce se zabývá realizací programu PLC pro testování požadovaných komponent.

Ve stanici je použito PLC s CPU 1510SP-1 PN z řady SIMATIC ET 200SP a HMI panel TP700 Comfort od společnosti Siemens. Software byl vytvořen ve vývojovém prostředí TIA Portal.

## **Klíčová slova**

PLC, HMI, TIA Portal, SCS, průmyslová automatizace, testovací stanice, multitester

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the design and implementation of the multitestster – a test station designed for testing engine systems, optical sensors and pneumatic valves. The manufacturer of the machine is the company SIM Technologies s.r.o., which is dedicated to industrial automation and the machine itself is operated in a company engaged in the production and operation of automatic storage trolleys.

The first part of the paper is devoted to a brief description of the use of PLC and HMI. The second part of the thesis is devoted to the description of the test station, the third part is devoted to the description of the HMI screen and its operation and the fourth part of the thesis deals with the implementation of the PLC program for testing the required components.

The station uses a PLC with CPU 1510SP-1 PN from SIMATIC ET 200SP series and HMI panel TP700 Comfort from Siemens. The software was created in the TIA Portal.

## **Key Words**

PLC, HMI, TIA Portal, SCS, industrial automation, test station, multitestster

## **Poděkování**

Poděkování patří vedoucímu práce panu Ing. Kamilu Kosturikovi, Ph.D. a kolegům z firmy SIM Technologies s.r.o. za možnost spolupracovat s nimi na multiteru. Jmenovitě panu Jiřímu Šimánkovi a Ing. Jakubovi Krejčímu za cenné rady a odbornou pomoc.

## Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Popis PLC a HMI .....	- 2 -
2 Popis testovací stanice .....	- 4 -
2.1 Zjednodušená funkční posloupnost stroje .....	- 5 -
2.2 Parametry a průběh jednotlivých testů .....	- 6 -
3 Proces testování .....	- 7 -
3.1 Operátorský panel .....	- 7 -
3.2 Obrazovky HMI panelu.....	- 8 -
3.3 Provedení obsluhy procesem testu .....	- 9 -
3.3.1 On-Line automatický test.....	- 10 -
3.3.2 Off-line test .....	- 12 -
3.3.3 Nastavení receptur .....	- 12 -
3.3.4 Systémová nastavení .....	- 16 -
3.3.5 Přítomnost chyb a jejich vliv .....	- 16 -
4 Popis programu PLC .....	- 18 -
4.1 Receptury .....	- 19 -
4.2 Testování pneumatických ventilů.....	- 19 -
4.3 Testování senzorů.....	- 23 -
4.4 Testování elektromotorů .....	- 26 -
Zhodnocení a závěr .....	- 33 -
Literatura.....	- 34 -

## Seznam symbolů a zkratk

<b>Zkratka</b>	<b>Popisek</b>
PLC	Programmable Logic Controller – Programovatelný logický automat
HMI	Human Machine Interface – Rozhraní mezi člověkem a strojem
SCS	Shopfloor control system – nadřazený výrobní systém
CPU	Central processing unit – Centrální procesorová jednotka
DI	Digital inputs – Digitální vstupy
DQ	Digital outputs – Digitální výstupy
AI	Analog inputs – Analogové vstupy
AQ	Analog outputs – Analogové výstupy
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal
LAD	Ladder Diagram – Programovací jazyk liniových schémat
SCL	Structured Control Language – Stukturovaný programovací jazyk
PC	Personal computer – Osobní počítač
EC	Štítek s čárovým kódem
PN	Product number – výrobní číslo
FRL	Filtr, regulator, lubricator – jednotka úpravy stlačeného vzduchu
OB	Organisation block – organizační blok
FC	Function – funkce
FB	Function block – funkční blok
DB	Data block – datový blok
TOF	Off delay timer – časovač od vypnutí



## Úvod

Tato práce se zabývá návrhem a realizací testovací jednotky – Multitester. Důvodem vzniku stanice byla potřeba testovat výrobky, které se používají při výrobě automatických skladovacích vozíků. Nejčastěji ventilů, senzorů a soustav motorů s měničem. Doposud testování probíhalo velice složitě, kdy pracovník seděl u stolního počítače a pomocí různých přípravků, které postupně připojoval k výrobku, testoval správnou funkčnost zařízení. Toto testování vyžadovalo odbornou obsluhu a vedlo k častým chybám, zejména díky pochybení obsluhy.

První část práce je věnována stručnému popisu užití PLC a HMI. V druhé části je popsána testovací stanice, její funkce a parametry jednotlivých testů. Ve třetí části je přiblížen proces testování, tedy popis jednotlivých obrazovek HMI panelu a interakce obsluhy se strojem. Poslední kapitola práce je věnována těm částem programu PLC, ve kterých je řešeno testování jednotlivých parametrů.

Testovací stanice vznikla ve firmě SIM Technologies s.r.o., která se věnuje průmyslové automatizaci. V Multitesteru je použito PLC s CPU 1510SP-1 PN z řady SIMATIC ET 200SP a HMI panel TP700 Comfort od společnosti Siemens. Software byl vytvořen ve vývojovém prostředí TIA Portal.

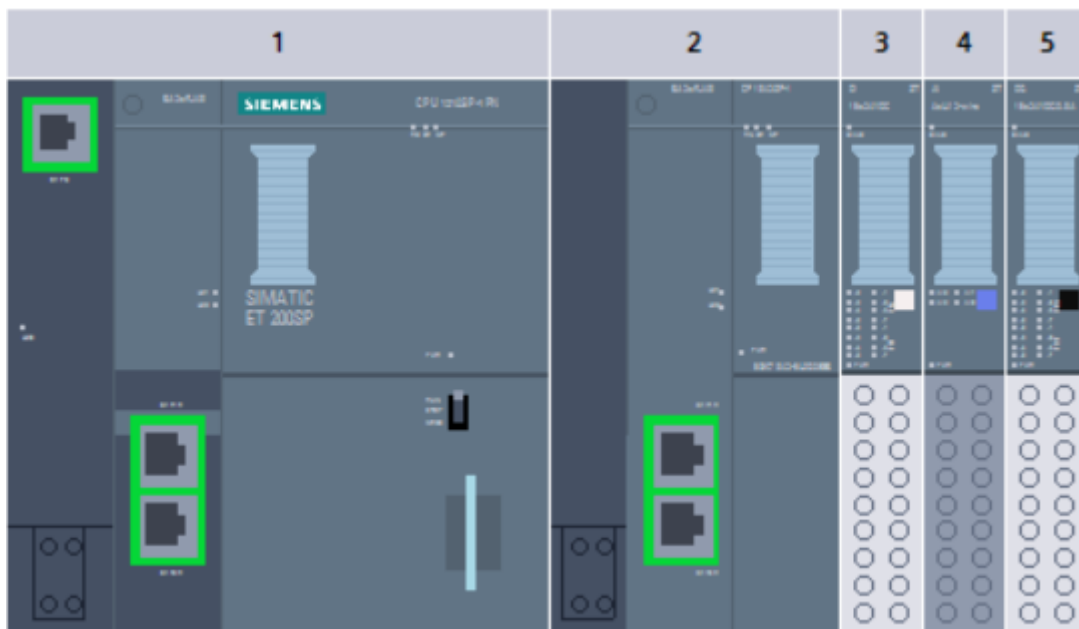
# 1 Popis PLC a HMI

Programovatelný logický kontrolér, neboli PLC, je počítač, který hraje velkou roli v průmyslové automatizaci. PLC původně vzniklo jako náhrada reléového ovládání strojů, které bylo velmi složité na realizaci a následnou úpravu funkce. Relé byla zároveň více poruchová a následné chyby v zapojení se špatně dohledávaly. Další výhodou PLC spočívá v jeho větší rychlosti, menší spotřebě a menší rozměrech než u reléové logiky.

Nainstalované PLC většinou obsahuje CPU modul a karty pro vstupy a výstupy, ty mohou být jak digitální – DI/DQ, tak analogové – AI/AQ.

V našem případě je PLC tvořeno

- 1) Centrální procesorová jednotka 1510SP-1 PN
- 2) Komunikační procesor, CP 1542SP-1 pro připojení SIMATIC S7-ET 200SP na průmyslový ethernet.
- 3) Modul digitálních vstupů DI 16x24VDC
- 4) Modul analogových vstupů AI 4XU/I
- 5) Modul analogových výstupů DQ 16x24VDC/0.5A



Obr. 1 – použitá sestava PLC

Většina PLC se programuje pomocí aplikace běžící na standardním stolním počítači, nebo notebooku. V našem případě je to aplikace TIA Portal od společnosti SIEMENS. Programovací jazyky mohou být různé, mezi ty nejčastěji používané se řadí tzv. jazyk

reléových schémata – LAD, který lze vidět například na obrázku 16. A jazyk strukturovaného textu – SCL, který svojí strukturou připomíná programovací jazyky pro PC, lze vidět na obrázku 33.

HMI je zkratka pro human machine interface, neboli rozhraní mezi člověkem a strojem. Společně s PLC se používá k ovládání a monitorování strojů v průmyslové automatizaci. HMI má často formu obrazovky podobné jako té na počítači, mohou být dotykové nebo s integrovanými ovládacími tlačítky na panelu.

Zatímco v minulosti museli být informace o stroji zobrazovány na více různých indikátorech (teplota, stav, pozice) pomocí HMI obrazovky je lze pohodlně umístit na jednu obrazovku společně s přidáním mnoha dalších funkcí. Programátor musí naprogramovat každý indikátor nebo tlačítko zobrazené na HMI panelu na specifickou adresu vstupu nebo výstupu v PLC. To souvisí se skutečností, že HMI a PLC musí být kompatibilní, v našem případě byl použit HMI panel TP700 Comfort od společnosti Siemens.



Obr. 2 – použitý HMI panel

## 2 Popis testovací stanice

Požadavkem bylo vytvořit stanici, která má otestovat funkčnost vyráběných produktů. Konstrukce má tvar jednoduchého kovového stolu, na který pracovník položí testovaný výrobek a připojí ho příslušnými konektory do testeru. Na zadní straně stolu je připevněna deska s rozvaděčem, komponenty pro úpravu stlačeného vzduchu a dokovací stanice pro čtečku čárových kódů. Dvířka rozvaděče jsou osazena ovládacími prvky a HMI panelem ve výšce očí pracovníka, pro snadnější obsluhu. Požadavkem také bylo, aby stroj byl mobilní a kompaktní, čemuž odpovídá i jeho konstrukce. Stůl je opatřen brzděnými kolečky pro snadnější manipulaci na výrobní hale a na připojení stanice je potřeba pouze síťové napětí 400V, stlačený vzduch a ethernet. Připojovací kabely a hadičky pro testování jednotlivých prvků jsou vyvedeny přes konektory z rozvodné skříňky zavěšené nad pracovištěm operátora. Pokud některé prvky nejsou přítomny, je možné konkrétní nepoužitý připojovací kabel (svazek kabelů) odpojit a umístit do přihrádky multitesteru. Zabrání se tím jejich poškození

Multitester také komunikuje pomocí průmyslové komunikační sběrnice PROFINET se zákaznickým SCS systémem, kdy se předávají data o testovaných výrobcích. Podrobnější popis předávaných dat je v následující kapitole.



Obr. 3 – model multiteru

### 2.1 Zjednodušená funkční posloupnost stroje

Zjednodušená funkční posloupnost stroje je následující:

- 1) Operátor načte čtečkou čárového kódu výrobní zakázku (EC štítek).
- 2) Stroj odešle načtený kód do SCS systému a počká na odpověď. Očekává se PN číslo konkrétního výrobku.
- 3) Na základě platného PN čísla stroj vybere správný postup testu (recepturu) z paměti uložených.
- 4) Operátor je vyzván k připojení testovaného výrobku.
- 5) Po připojení testovaného výrobku operátor stiskne tlačítko start pro spuštění testu. V případě přítomnosti motoru proběhne nejprve parametrizace motoru a pak se spustí test.
- 6) Operátor vizuálně kontroluje pohyblivé části testovaného výrobku
- 7) Po dokončení testu (cca 1 minuta) se zobrazí výsledek testu a tlačítka OK nebo NG.
- 8) Operátor na základě vizuální kontroly mechanických částí zvolí OK nebo NG.
- 9) Stroj odešle výsledek testu do SCS systému.
- 10) Operátor odpojí testovaný výrobek a vymění jej za jiný
- 11) V případě nutnosti přerušit test, operátor stiskne tlačítko reset testu.

## 2.2 Parametry a průběh jednotlivých testů

Parametry jsou voleny automaticky na základě informace o typu výrobku v SCS systému. Volba probíhá na základě přijatého PN čísla. K přijatému PN číslu musí být ve stroji uložena odpovídající receptura, která obsahuje parametry konkrétního testu. Jedná se o:

- PN číslo
- čidla 1-4, kde hodnota 1 znamená požadavek na test čidla, hodnota 0 znamená vypnutí testu čidla
- počet testovacích cyklů čidel, hodnota 1 až x znamená počet změn stavu čidla (přerušení paprsku)
- ventily 1-2, kde hodnota 1 znamená požadavek na test ventilu, hodnota 0 znamená vypnutí testu ventilu
- počet testovacích cyklů ventilů, hodnota 1 až x znamená počet sepnutí ventilu
- čas zapnutí ventilu, hodnota v ms (500=0,5s)
- čas vypnutí ventilu, hodnota v ms (500=0,5s)
- přítomnost motoru, kde hodnota 1 znamená požadavek na test motoru, hodnota 0 znamená vypnutí testu
- čas testování motoru, hodnota v s
- rychlost motoru, hodnota 1=nejnižší rychlost, hodnota 3= maximální rychlost

Průběh testu je závislý na zvolené receptuře, na jejímž základě proběhne funkční test připojených komponent. U motoru a čidel probíhá vyhodnocení testu na základě zpětné vazby z těchto komponent, u ventilů je úspěšnost testu vyhodnocena pomocí tlačítek OK nebo NG stisknutých operátorem, který vizuálně kontroluje správnou funkci ventilů. Tlačítka OK nebo NG se zobrazí až po dokončení testu všech komponent a automatickém vyhodnocení zpětné vazby od motoru a čidel. Není-li přijata správná zpětná vazba, tlačítko OK se vůbec nezobrazí. Není tedy možné klasifikovat výrobek jako správný, pokud například byly zvoleny k testu senzory, ale nebyly korektně připojeny nebo nefungují.

Pokud nefunguje spojení s SCS systémem, je možné přepnout stroj do režimu off-line test. V tomto případě bude probíhat test výrobků bez příjmu PN čísel a odesílání výsledků do SCS systému.

## 3 Proces testování

### 3.1 Operátorský panel



Obr. 4 – operátorský panel

Hlavní ovládací panel obsahuje:

- Dotykovou obrazovku s ovládacími a informačními prvky, jejich vysvětlení následuje v dalších kapitolách.
- Tlačítko nouzového zastavení – je určeno pro okamžité zastavení v případě nebezpečí
- Prosvětlené tlačítko zapnout – je určeno k aktivaci bezpečnostních okruhů stroje po jejich přerušení
- Tlačítko Start – je určeno k zahájení testu
- Klíčový přepínač Off-Line test – je určen pro testování výrobků bez komunikace s SCS systémem

## 3.2 Obrazovky HMI panelu



Obr. 5 – hlavní obrazovka HMI

Hlavní obrazovka se skládá ze třech částí (v obr. 5 zvýrazněny červeně):

- 1) Záhloví obrazovky – informuje operátora o zvolené obrazovce, stavu připojení k SCS systému, datu a času. Toto záhlaví se zobrazuje na všech obrazovkách.
- 2) Informační a ovládací část – obsahuje specifické prvky dané obrazovky. Na hlavní obrazovce to jsou:
  - Tlačítko reset testu – slouží k ukončení aktuálně probíhajícího testu
  - Zobrazení informace o off-line testu – zobrazí se po přepnutí klíče off-line test
  - Výsledek testu – informuje o dosaženém výsledku testu, který bude odeslán do SCS
  - Informační pole (na obrázku text „Inicializace“) – zobrazuje průběh testu
  - Číslo zakázky – zobrazuje načtené číslo zakázky skenerem čárového kódu
  - PN číslo SCS – zobrazuje PN číslo přijaté ze systému SCS
  - PN číslo receptura – zobrazuje PN číslo uložené v receptuře, která byla načtena na základě PN čísla přijatého ze systému SCS
  - Testované součásti – zobrazí se pouze součásti, které budou na základě načtené receptury otestovány. Zelenou barvou jsou zobrazeny součásti, u kterých proběhl



test s výsledkem OK. Červenou barvou jsou zobrazeny součásti určené k testování.

- Ovládací tlačítka – slouží k potvrzení výsledku testu operátorem s ohledem na součásti výrobku, které nedávají zpětnou vazbu. Jedná se např. o řetěz pohonné jednotky, těsnost pneumatických komponent, atd.

3) Zápatí – obsahuje informační pruh pro zobrazení chybových hlášení a tlačítka odkazující na další obrazovky. Toto zápatí se zobrazuje na všech obrazovkách s několika variantami zobrazovaných tlačítek.

### 3.3 Provedení obsluhy procesem testu

Stroj je připraven k testu, jsou-li splněny následující podmínky:

- SCS systém je on-line
- Informační oblast v zápatí nehlásí žádnou poruchu
- Není zvolen off-line test klíčovým přepínačem
- Čtečka čárového kódu je zapnuta a komunikuje s řídicím systémem

Připravenost čtečky čárového kódu lze ověřit pomocí tlačítka „**Bar code reader**“ na samostatné obrazovce. Pokud čtečka není připravena, je potřeba zkontrolovat její stav (nabití baterie, WiFi připojení, správné zapojení USB kabelu do HMI displeje v rozvaděči).

Nedojde-li k navázání spojení mezi strojem a SCS systémem, nastavené parametry lze zkontrolovat na obrazovce přístupné pod tlačítkem „**SCS**“ v zápatí hlavní obrazovky. Obrazovka je zaheslovaná a přístup je možný pouze oprávněným osobám.

### 3.3.1 On-Line automatický test

Jsou-li splněny podmínky uvedené v předchozích odstavcích, je možné spustit automatický on-line test výrobku. Stav testu je zobrazen v informační oblasti hlavní obrazovky.



Obr. 6 – informační oblast hlavní obrazovky

Jednotlivé kroky jsou zobrazovány pomocí hlášení:

- 1) Inicializace – příprava stroje k zahájení testu
- 2) Identifikace do SCS – výstavba on-line připojení do SCS systému
- 3) Načtěte EC štítek - operátor načte EC štítek čtečkou čárového kódu
- 4) Odesílání EC štítku – komunikace s SCS
- 5) Přijímání PN čísla – komunikace s SCS
- 6) Načítání receptury – volba receptury na základě přijatého PN čísla
- 7) Připojte testovaný prvek a stiskněte start – čekání na připojení výrobku a stisk tlačítka Start
- 8) Probíhá konfigurace motoru – konfigurace spojení s motorem
- 9) Probíhá testování - testování výrobku
- 10) Odesílání výsledku do SCS – odeslání potvrzeného výsledku do SCS
- 11) Čekání na vyrozumění výsledku od SCS – čekání na potvrzení od SCS

Průběh a parametry testu lze také sledovat na informační obrazovce po stisku tlačítka „i“ na zápatí hlavní obrazovky.

Parametry testu			SCS:	4/9/2021 2:44:15 PM
<b>Motor</b>	<b>Senzory</b>		<b>Ventily</b>	
Test: NE	Test	Aktuální počet	Celkový počet	Test
Rychlost: ###	S1: NE	#####	###	V1: NE
Testovací čas: #####	S2: NE	#####	###	V2: NE
Aktuální čas: #####	S3: NE	#####	###	Čas zapnuto: #####
	S4: NE	#####	###	Čas vypnuto: #####
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span></span> <span></span> <span>Off-Line test</span> <span>Bar code reader</span> <span>SCS</span> <span>Nastavení</span> <span></span> </div>				

Obr. 7 – parametry aktuálního testu

Tlačítko „**Reset testu**“ slouží k ukončení aktuálního testu a může být použito např. v případě poruchy produktu, prasknutí hadičky se stlačeným vzduchem, nebo dalších okolností znemožňujících dokončení testu.

### 3.3.2 Off-line test

Off-line test se aktivuje klíčovým přepínačem. Po jeho aktivaci bude zobrazena níže uvedená obrazovka, která umožňuje nastavení parametrů testu bez komunikace s SCS systémem.

Off-Line test je určen pro testování výrobků, pro které zatím neexistuje záznam v databázi SCS systému nebo je SCS systém z důvodu poruchy komunikace nedostupný.

Obr. 8 – obrazovka Off-line testu

Obrazovka obsahuje:

- Informační část – informuje o průběhu testu
- Způsob zadání PN čísla – zadání ručně nebo načtení čárového kódu
- Informace o zvolených součástech k testu
- Informaci o PN čísle v načtené receptuře
- Zobrazovací část poruchových hlášení

### 3.3.3 Nastavení receptur

Obrazovka receptur je vyvolána tlačítkem „**Nastavení**“ na zápatí obrazovky. Je přístupná pouze oprávněným osobám po zadání hesla. Pomocí této obrazovky je možné editovat a mazat stávající záznamy nebo vytvářet nové.

**Receptury** SCS: ✓ 4/9/2021 3:18:03 PM

Data Record Name: Abwaertsfoerderer: 60°-2m No.: 19



Entry Name	Value
Product number	10164670
Sensor 1	1
Sensor 2	0
Sensor 3	0
Sensor 4	0
Sensor counter	1

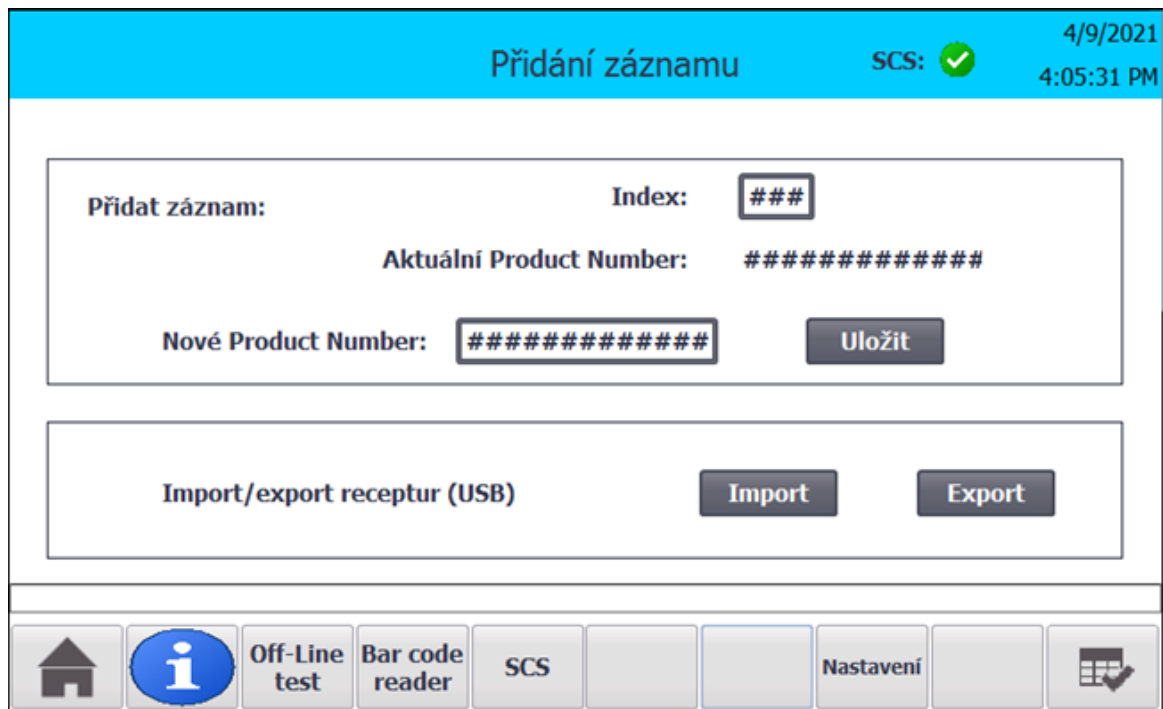
Error. Action aborted !

Home Info Off-Line test Bar code reader SCS Přidat záznam Nastavení System

Obr. 9 – obrazovka receptur

Editaci stávajících záznamů lze provádět po kliknutí na šipku v poli „**Data Record Name:**“ a po rozbalení seznamu lze vybrat požadovaný záznam. V následující tabulce je možné editovat dostupné parametry.


Vytvoření nového záznamu se vyvolá pomocí tlačítka . Po jeho stisknutí se v položce číslo záznamu objeví číslo nejbližší volné pozice. Při kliknutí do plochy rozbalovacího menu „**Data Record Name:**“ dojde k zobrazení grafické klávesnice pro zadání názvu nového záznamu, dále lze pokračovat editací parametrů nového záznamu. Po dokončení editace parametrů je potřeba uložit nový záznam pomocí tlačítka pro uložení . Dále je potřeba stisknout tlačítko „**Přidat záznam**“ na zápatí obrazovky a bude vyvolána obrazovka přidání záznamu.

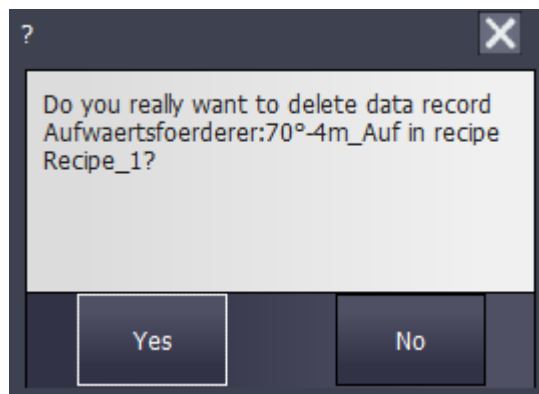


Obr. 10 – obrazovka přidání záznamu

Do políčka „**Index:**“ se zadává číslo záznamu, které se automaticky vyplnilo při vytvoření nového záznamu v předchozím kroku. Do políčka „**Nové Product Number:**“ se zadává PN číslo, které bude SCS systém posílat na základě načteného EC štítku. Potvrzením tlačítka „**Uložit**“ bude spárování s SCS systémem dokončeno.

Na obrazovce „**Přidání záznamu**“ lze také pomocí tlačítek „**Import**“ a „**Export**“ provést zálohování a obnovu záznamů z USB klíčenky. Soubor zálohy je ve formátu record.csv. Ten lze v počítači editovat, nesmí ale dojít ke změně jeho struktury.

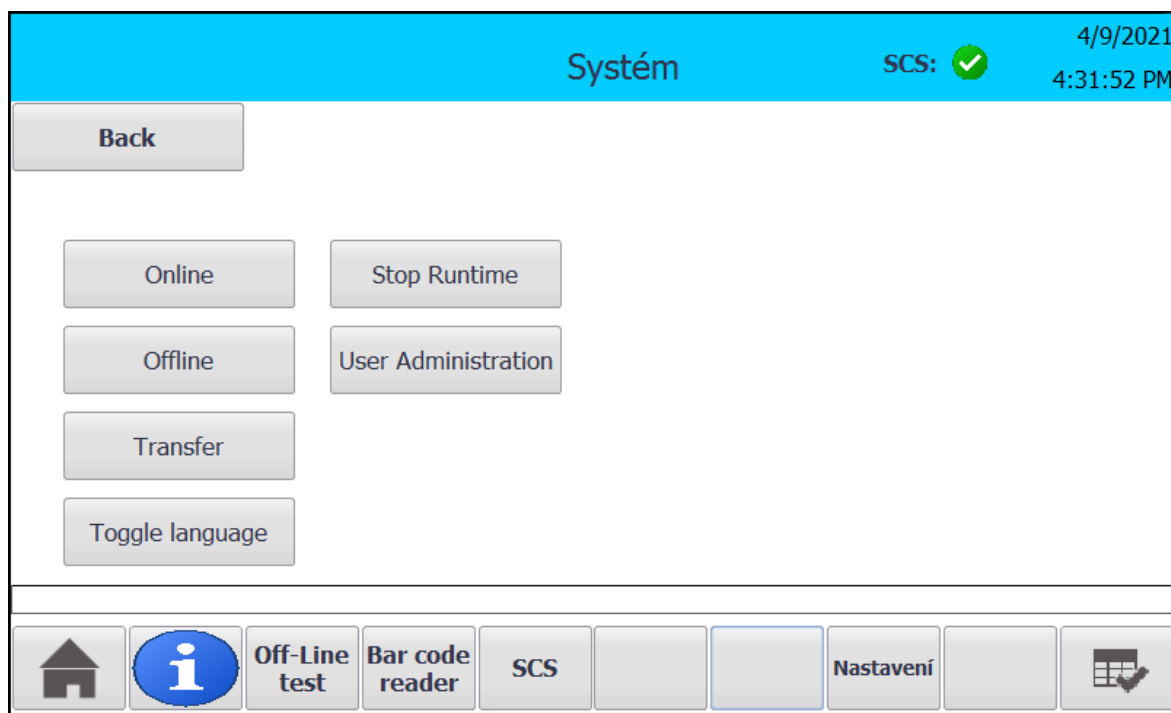
Záznamy lze také mazat. Pomocí rozbalovacího menu „**Data Record Name:**“ vybereme záznam, který chceme smazat a klikneme na tlačítko . A potvrdíme následující dotaz.



Obr. 11 – dotaz smazání záznamu


### 3.3.4 Systémová nastavení

Po stisku tlačítek „Nastavení“ a „System“ se objeví obrazovka nastavení systému, která je přístupná pod heslem pouze administrátorům, nebo pro servis a seřízení stroje, jelikož při nesprávném zásahu do konfigurace displeje hrozí ztráta dat a nefunkčnost stroje. Pomocí tlačítek lze měnit systémová nastavení displeje, nahrávat změny do programu displeje nebo měnit uživatelská oprávnění.



Obr. 12 – obrazovka systémového nastavení

### 3.3.5 Přítomnost chyb a jejich vliv

Přítomnost chyby pozastaví chod programu a zároveň není možné použít tlačítko „Start“ na dveřích rozvaděče. Nová chyba se projeví zobrazením textu v informační liště v zápatí na operátorském panelu. Chyby lze resetovat tlačítkem , pokud podmínky chybového stavu již pominuly.

Mohou se vyskytnout následující chyby:

**CHYBA 1 – E-Stop aktivní** – Je stisknuté tlačítko nouzového zastavení. Odblokování bezpečnostního okruhu bude indikováno trvalým svitem tlačítka „Zapnout“.

**CHYBA 2 – Chyba tlaku vzduchu** – Tlakový vzduch není přítomen. Je třeba zkontrolovat přívod tlakového vzduchu a seřízení jednotky FRL, zároveň nastavení tlaku vzduchu musí odpovídat požadovanému rozsahu. Tlakový vzduch je také uzavřen v případě stisku tlačítka nouzového zastavení, viz předchozí porucha.



**CHYBA 10 – Chyba SCS – není spojení** – SCS systém je off-line.

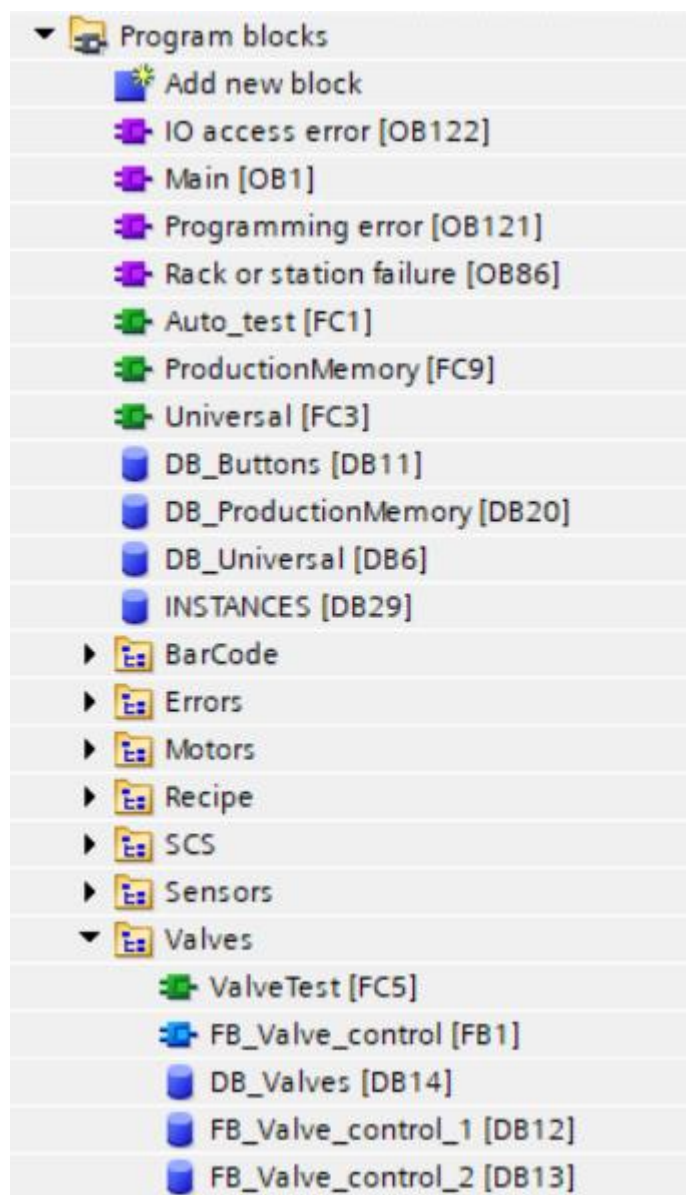
**CHYBA 11 – Chyba SCS – nepřišla receptura** – Nebylo přijato odpovídající PN číslo, které musí odpovídat uložené hodnotě v recepturových záznamech.

**CHYBA 12 – Chyba SCS – výsledek nebyl uložen** – SCS systém nepotvrdil uložení výsledku testu do databáze.

**CHYBA 20 – Receptura nenalezena** – Nebyl nalezen odpovídající datový záznam v seznamu receptur.

## 4 Popis programu PLC

Program se skládá z různých bloků programů: OB – organizační blok, FB – funkční blok, FC – funkce, DB – datový blok. Tyto bloky lze pro lepší přehlednost seskupit do skupin. Toto rozdělení našeho programu PLC je zřetelné na následujícím obrázku.



Obr. 13 – rozdělení programu do bloků

Fialový blok OB, například „**Main [OB1]**“, se provádí cyklicky a je hlavním blokem programu. Jsou zde hlavní pokyny pro běh programu a volají se z něj další uživatelské bloky. Modrý blok FB, například „**FB\_Valve\_control [FB1]**“, je kódový blok, který trvale ukládá své hodnoty do instancí svých datových bloků DB a ty zůstávají dostupné i po provedení příkazů v FB. Zelený blok FC, například „**ValveTest[FC5]**“, je kódový blok, který obsahuje příkazy a funkce bez vyhrazené paměti. A konečně tmavě modré DB, například „**DB\_Valves[DB14]**“, je datový blok, který uchovává data programu. V našem programu to

tedy vypadá tak, že OB Main zavolá například FC ValveTest ze skupiny Valves, v něm je dvakrát zavolán FB Valve\_control a proto jsou ve skupině dva DB Valve\_control 1 a 2, které obsahují lokální proměnné z FB Valve\_control. Dále se budeme zabývat částmi kódu věnovaným recepturám, testování ventilů, senzorů, a motorů.

#### 4.1 Receptury

Při načtení EC štítku čtečkou čárových kódů dojde k jeho odeslání do zákaznickova systému SCS. Zároveň SCS systém vrátí Product Number, podle kterého se v automatu nastaví co všechno a kolikrát se má testovat viz kapitola 1.2 – parametry jednotlivých testů. Tyto hodnoty se ukládají do receptur v HMI panelu a zároveň jsou zaznamenány v DB\_Parameters.

Elements		Data records						
...	Name	Display name	Tag	Data type	Data length	Default value	Minimum value	Maximum value
	PN	Product number	DB_Parameters_PN	String	254	0		
	Sensor 1	Sensor 1	DB_Parameters_Sensor_1	Bool	1	0		
	Sensor 2	Sensor 2	DB_Parameters_Sensor_2	Bool	1	0		
	Sensor 3	Sensor 3	DB_Parameters_Sensor_3	Bool	1	0		
	Sensor 4	Sensor 4	DB_Parameters_Sensor_4	Bool	1	0		
	Sensor counter	Sensor counter	DB_Parameters_SensorCounter	Int	2	1	-32768	32767
	Valve 1	Valve 1	DB_Parameters_Valve_1	Bool	1	0		
	Valve 2	Valve 2	DB_Parameters_Valve_2	Bool	1	0		
	Brake	Brake	DB_Parameters_Brake	Bool	1	0		
	Engine lenze	Lenze	DB_Parameters_Engine	Bool	1	0		
	Valve Time_on	Valve time On	DB_Parameters_ValveTimeOn	Time	4	500	-2147483648	2147483647
	Valve Time_off	Valve time Off	DB_Parameters_ValveTimeOff	Time	4	500	-2147483648	2147483647
	Cycles_total	Total valve cycles	DB_Parameters_Valve cycles:Total	Int	2	50	-32768	32767
	Motor_time	Motor test time	DB_Parameters_Engine_test_time	Time	4	50	-2147483648	2147483647
	Motor_speed	Motor test speed	DB_Parameters_EngineTestSpeed	Int	2	1	-32768	32767
	Engine sew	Sew	DB_Parameters_Engine sew	Bool	1	0		

Obr. 14 – receptury

#### 4.2 Testování pneumatických ventilů

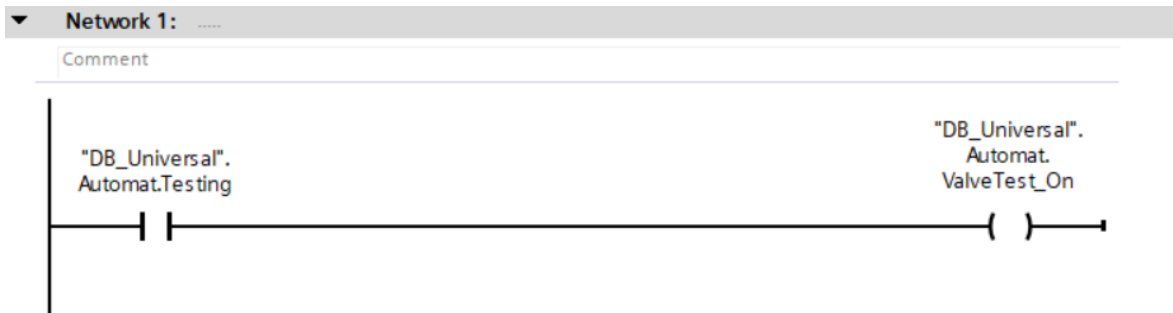
Pokud v hlavním automatu dojde k testování ventilů, přejde automat do skupiny **Valves**, viz následující obrázek.



Obr. 15 – bloky programu v e skupině Valves

Ve funkci FC5 jsou vykonávány následující kroky:

- Zapnutí testování příkazem z hlavního automatu.



Obr. 16 – zapnutí testování

- Při zapnutém testování a **"DB\_Parameters".Valve\_1** má hodnotu 1, tedy pokud je požadováno testování ventilu 1, uvede se výstup Q0.4 do aktivního stavu. Výstup Q0.4 je určen k ovládání ventilu, který přivádí stlačený vzduch do testovaného ventilu.



Obr. 17 – ovládání ventilu přívodu vzduchu

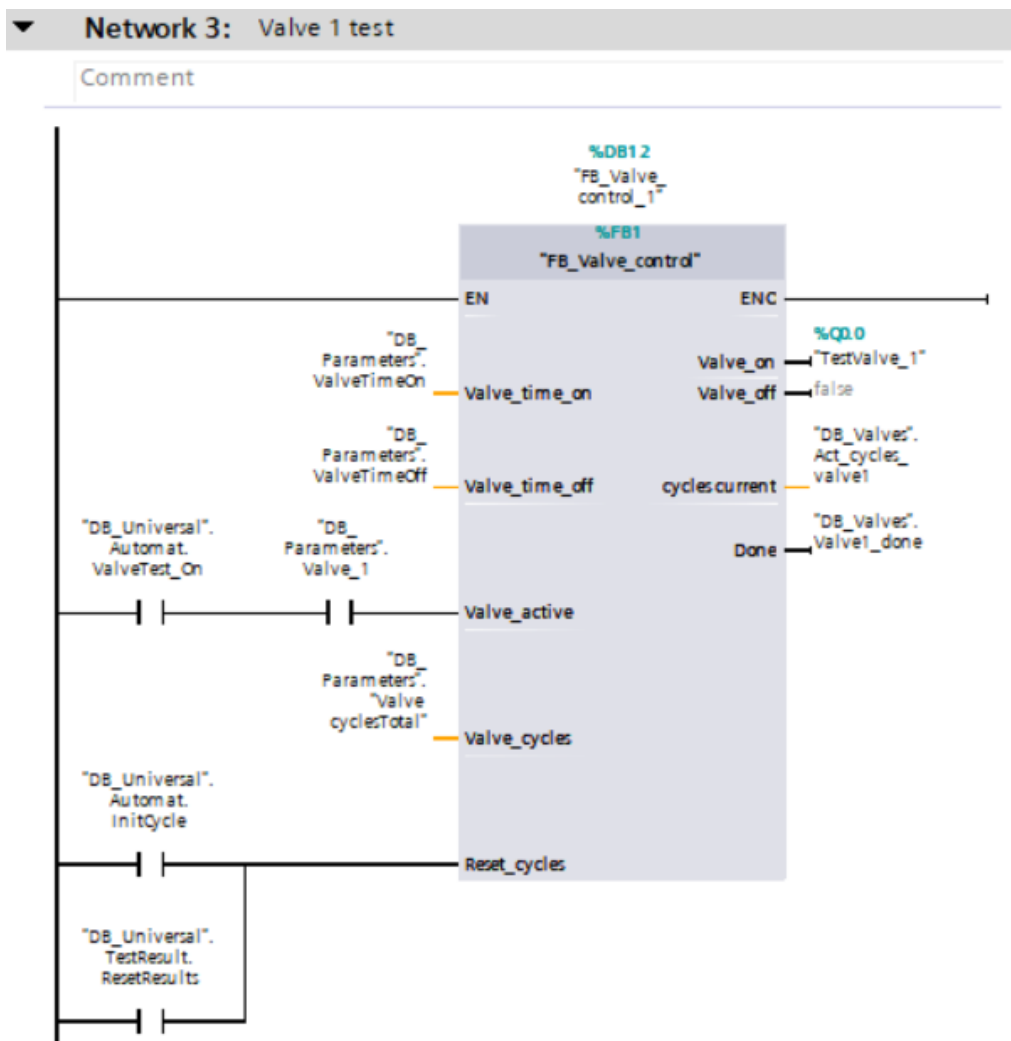
- Dále v automatu následuje FB pro první ventil, který vyhodnocuje, zda je v pořádku či nikoli.

Do FB pro testování ventilů vstupuje od shora:

- čas zapnutí a vypnutí přejetý z dané receptury
- logika zda se vůbec má daný ventil testovat
- celkový počet cyklů, který se má provést (z receptury)
- logika pro reset cyklu testu

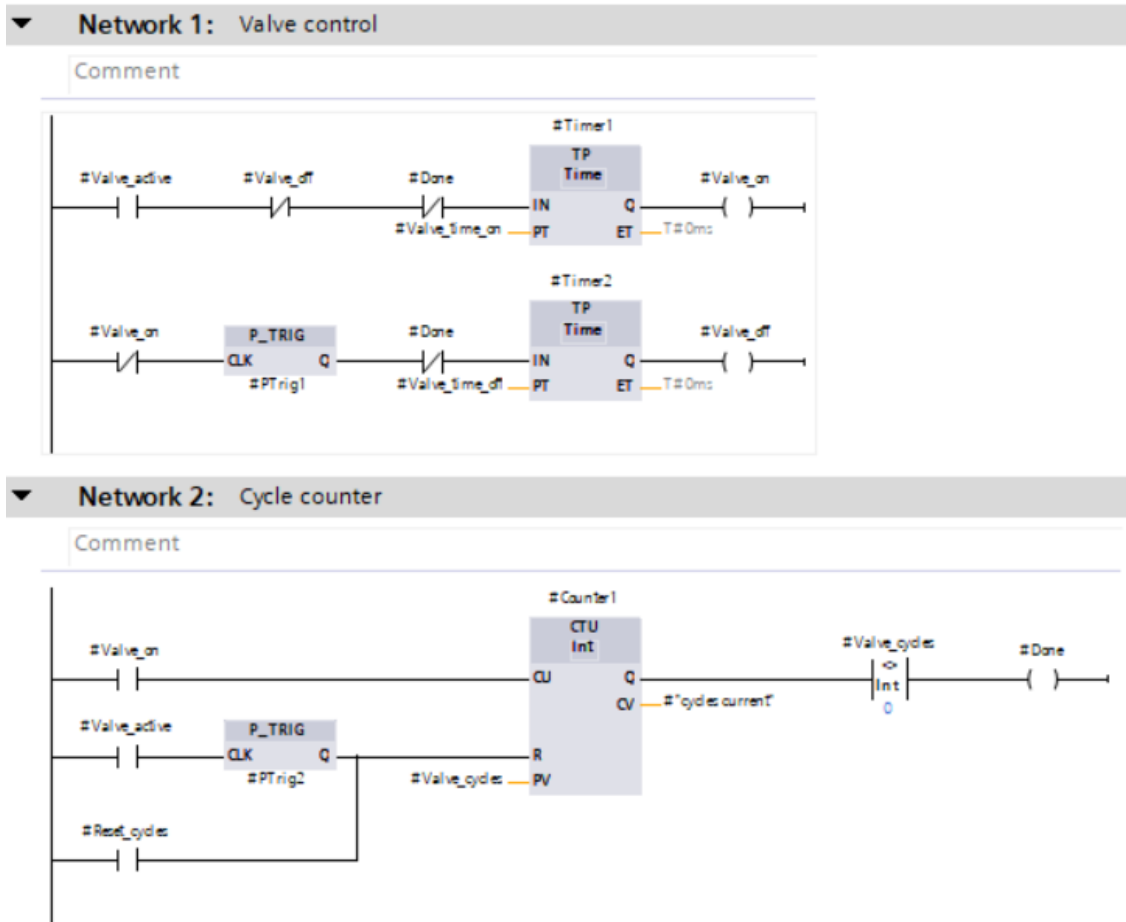
Z FB vystupuje od shora:

- Fyzický výstup Q0.0 pro sepnutí testovaného ventilu
- Aktuální počet provedených cyklů
- Stav značící, že test byl proveden



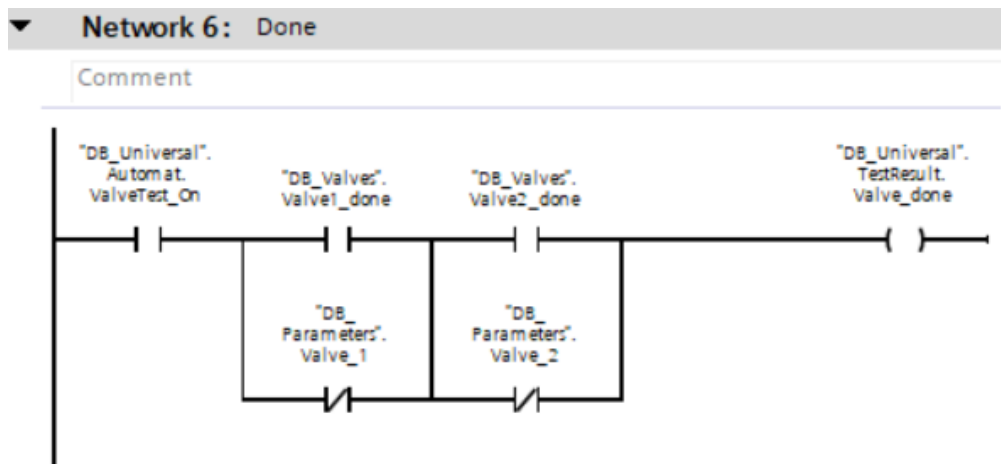
Obr. 18 – FB pro testování ventilu

- Pod FB1 se nachází logika obsahující timery pro určování doby zapnutí a vypnutí testovaného ventilu a čítač pro načítání aktuálního počtu cyklů. Nerovnost za výstupem čítače zabraňuje uvedení výstupu „done“ do logické 1, kdyby byl počet cyklů „valve\_cycles“ roven nule



Obr. 19 – logika ve FB pro testování ventilu

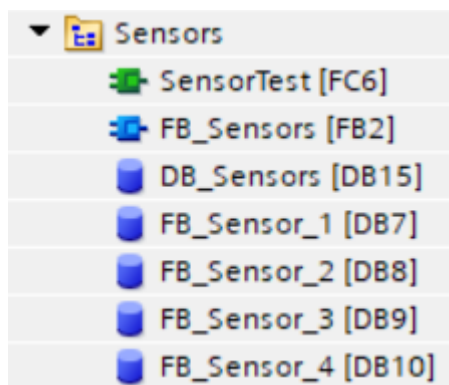
- Obdobné kroky z obr. 18 a 19 jsou i pro testování druhého ventilu.
- Poslední kroky v FC5 jsou věnovány ukončení testování ventilů. Aby mohlo být testování ukončeno, test prvního či druhého ventilu nesmí být zvolený, nebo musí být hotový.



Obr. 20 – ukončení testování ventilů

### 4.3 Testování senzorů

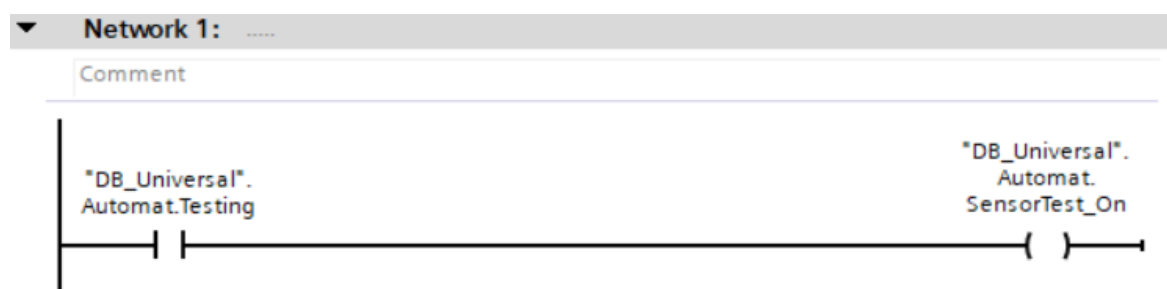
Pokud v hlavním automatu dojde k testování optických senzorů, přejde automat do skupiny **Sensors**, viz následující obrázek.



Obr. 21 – bloky programu v e skupině Valves

Logika je principiálně stejná jako při testování ventilů:

- Zavolání funkce FC6 z hlavního automatu.



Obr. 22 – start testování senzorů

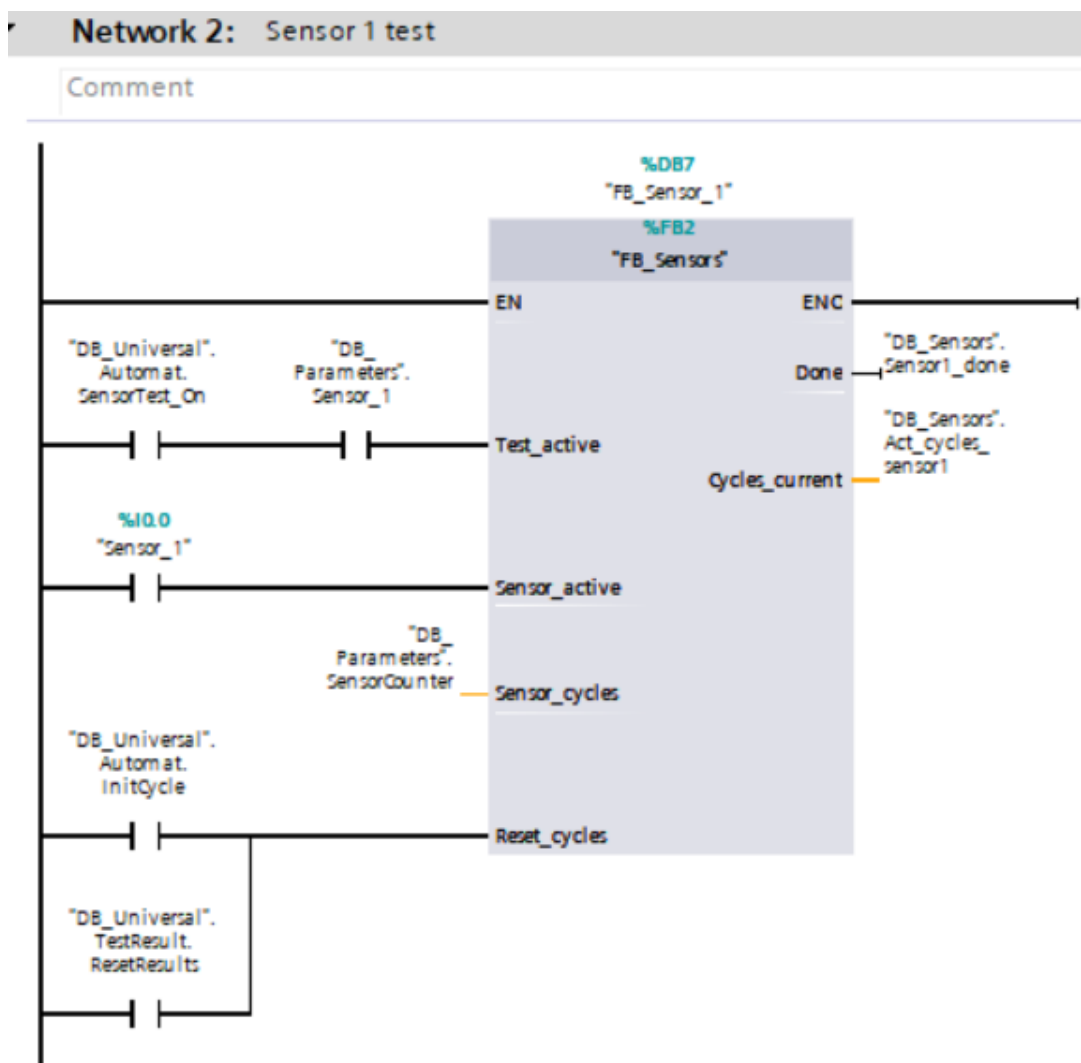
- Následuje čtveřice funkčních bloků FB2, pro každý možný testovaný ventil jeden.

Do FB pro testování ventilů vstupuje od shora:

- logika zda se vůbec má daný senzor testovat
- Fyzický vstup I0.0 označující zpětnou vazbu senzoru – senzor aktivní
- celkový počet cyklů, který se má provést (z receptury)
- logika pro reset cyklu testu

Dále z FB vystupuje od shora:

- Stav značící, že test byl proveden
- Aktuální počet provedených cyklů







#### 4.4 Testování elektromotorů

Testuje se soustava motoru s měničem, která komunikuje pomocí protokolu EtherCat. K měniči je tedy přivedeno pouze silové napájení pro motor 400V AC, ovládací napětí 24V DC a ethernetový kabel pro komunikaci měnič/PLC.

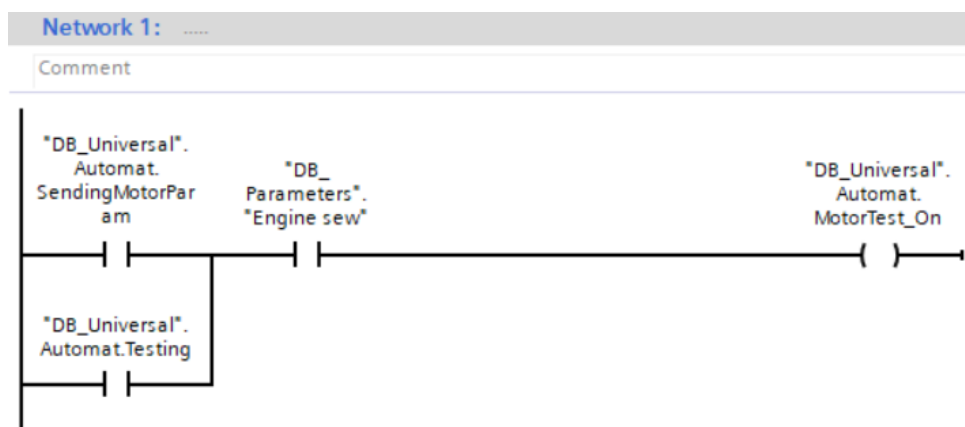
Pokud v hlavním automatu dojde k testování motorů, přejde automat do skupiny **Motors**, viz následující obrázek.



Obr. 26 – bloky programu pro testování motoru

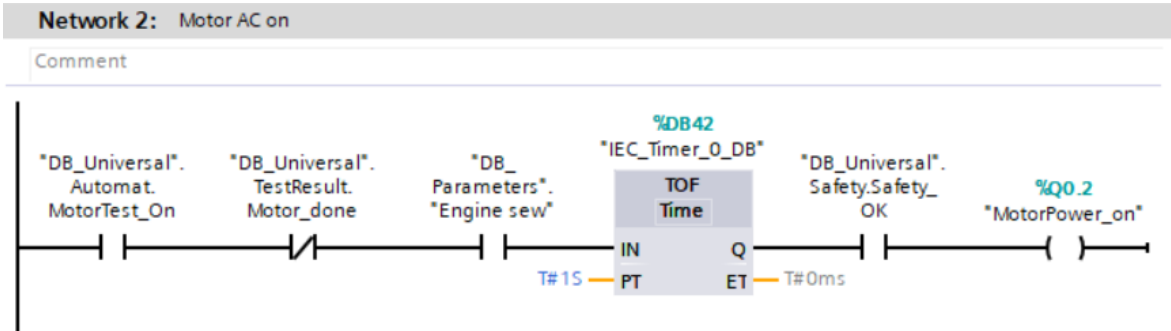
Ve funkci FC10 se nachází následující logika:

- Inicializace spuštění testu motoru.



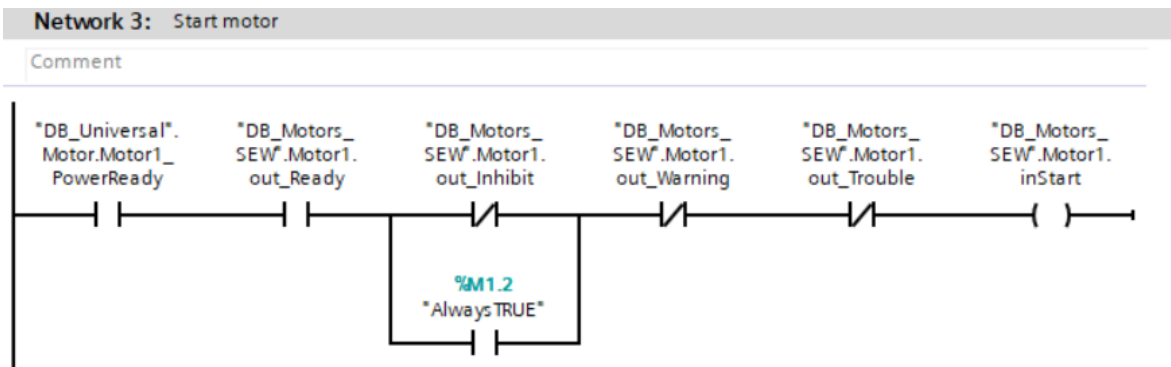
Obr. 27 – spuštění testu motoru

- Output Q0.2 je fyzický výstup z PLC, pomocí kterého se přes stykač přivádí napájecí napětí 400V na motor. Zároveň je potřeba, aby i po ukončení testování byl motor ještě chvíli napájen. To zajišťuje TOF timer nastavený na 1 sekundu.





Obr. 28 – přivedení napětí na motor

- Po splnění následujících podmínek, například že měnič motoru nehlásí chyby a je připraven k testu, může dojít ke startu motoru.



Obr. 29 – start motoru

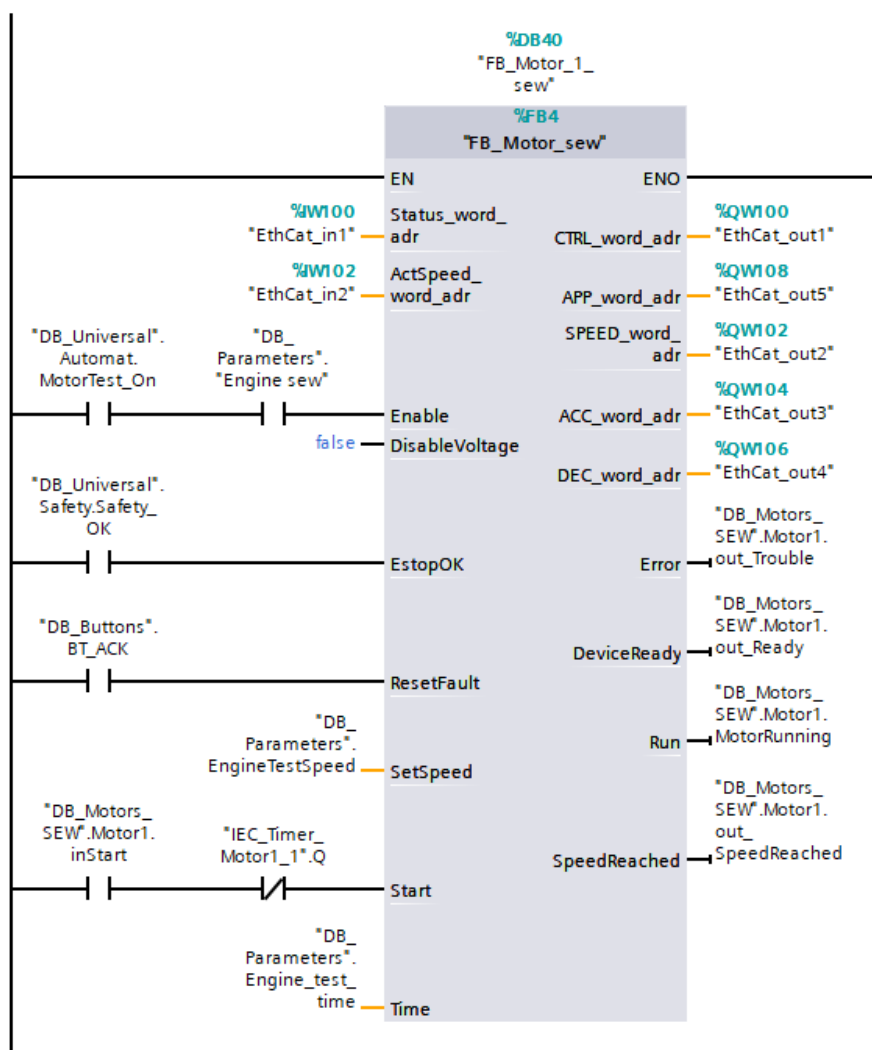
- Následuje FB4 pro samotné ovládání motoru. Od shora do FB vstupují adresy z měniče motoru. Jsou to adresy pro status word a pro word aktuální rychlosti. Bližší představení všech wordů, pomocí kterých komunikuje měnič s PLC, se nachází na následujícím obrázku.

PLC	PLC output data	PLC input data	Drive
	>>>>	<<<<	
PO 1: Control word	0x0000 hex	0x0000 hex	PI 1: Status word
PO 2: Setpoint speed	0 Umdr/min	0 Umdr/min	PI 2: Actual speed
PO 3: Acceleration	0 Umdr/(min*s)	0	PI 3: Status/main fault - subfault
PO 4: Deceleration	0 Umdr/(min*s)	0.0 % nominal motor torque	PI 4: Actual torque
PO 5: ... DIO 02, DIO 01	0000 0000	0000 0000 0000 0000	PI 5: ... DIO 02, DIO 01, DI 08 ... DI 00

Obr. 30 – přehled wordů pro komunikaci PLC – měnič motoru

Dále vstupuje logika pro povolení testu, stav bezpečnosti, reset chyby, nastavení rychlosti motoru, logika pro start a čas, po který se má testovat.

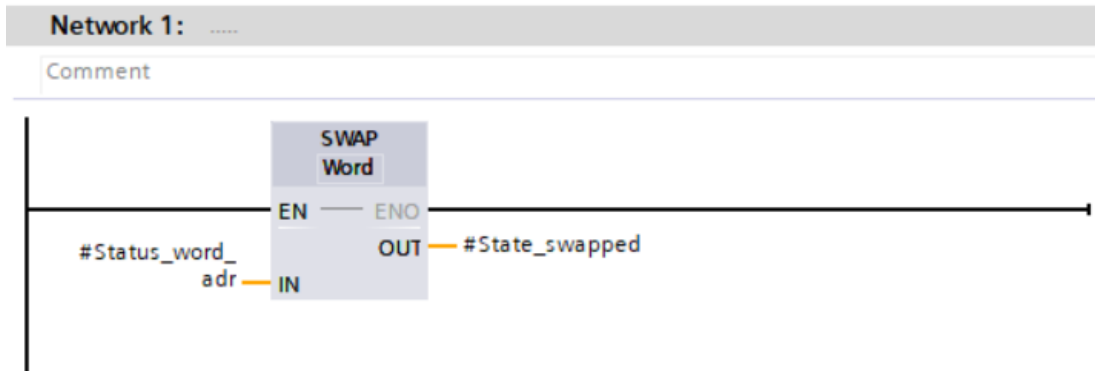
Od shora vystupuje adresa control wordu pro ovládání měniče, APP word, word pro rychlost, zrychlení a zpomalení. Dále výstup chyby, připravenost zařízení, stav o běhu motoru a stav o dosažení rychlosti.



Obr. 31 – FB pro testování motoru

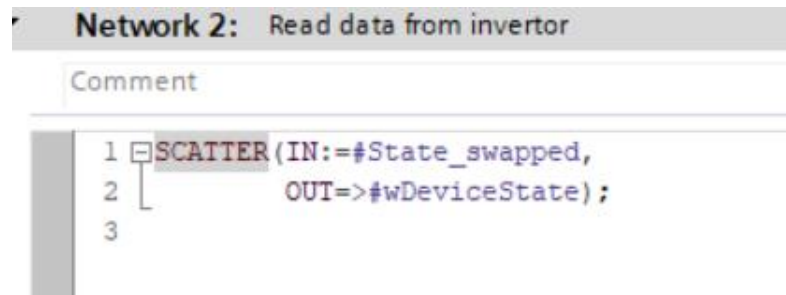
Pod FB4 se nachází následující logika:

- V První řadě se musí udělat funkce swap, která ve status wordu prohodí první bajt s druhým.



Obr. 32 – funkce swap

- Následuje funkce scatter, která udělá z wordu jednotlivé bity, se kterými se dále pracuje. Přehled jednotlivých bitů v control wordu a status wordu je zřetelný na obr. 34.

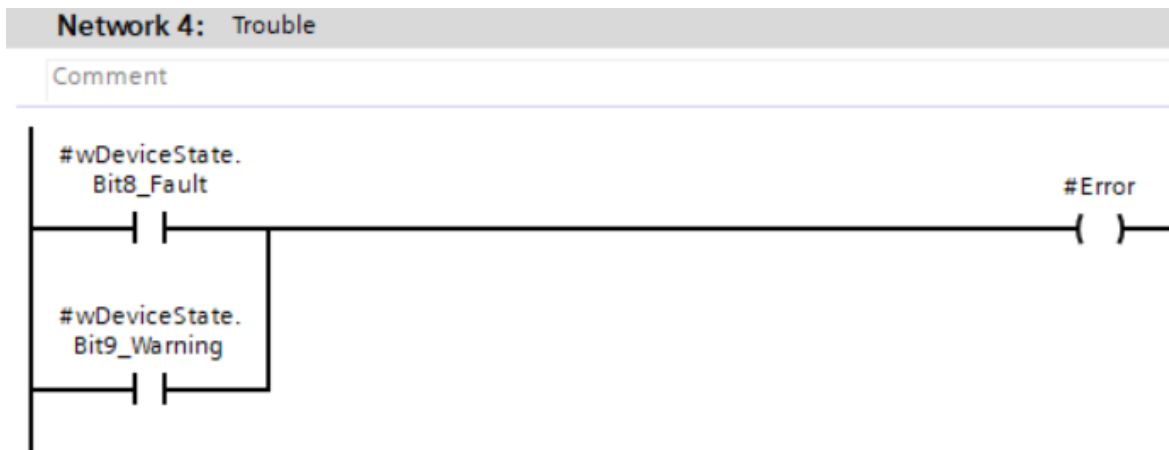


Obr. 33 – funkce scatter

PO 1: Control word			PI 1: Status word		
Bit	Function	Function state	Function state	Function	Bit
0	Enable/emergency stop	○	○	Ready	0
1	Enable/application stop	○	○	STO inactive	1
2	Reserved	○	○	Output stage enable	2
3	Release brake	○	○	Brake released/DynaStop® disabled	3
4	Reserved	○	○	Motor running	4
5	Reserved	○	○	Active drive referenced	5
6	Reserved	○	○	New relative position applied	6
7	Start/stop with fieldbus ramp	○	○	"In position" signal active	7
8	Fault reset	○	○	Fault	8
9	Reserved	○	○	Warning	9
10	Activate drive train 2	○	○	Drive train 2 active	10
11	Reserved	○	○	"Setpoint/actual speed comparison" signal active	11
12	Disable SW limit switches	○	○	SW limit switches inactive	12
13	Activate output stage inhibit	○	○	Reserved	13
14	Activate standby mode	○	○	Standby mode active	14
15	MOVIKIT® handshake IN	○	○	MOVIKIT® handshake OUT	15

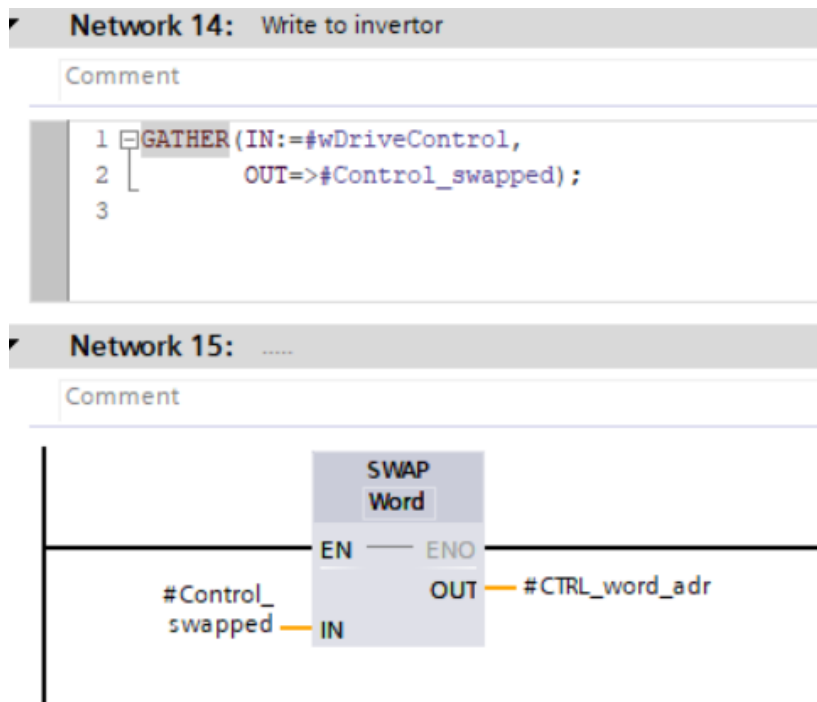
Obr. 34 – přehled bitů v control a status wordu

- V programu následují operace s jednotlivými bity například hlášení chyby pomocí bitů 8 a 9:



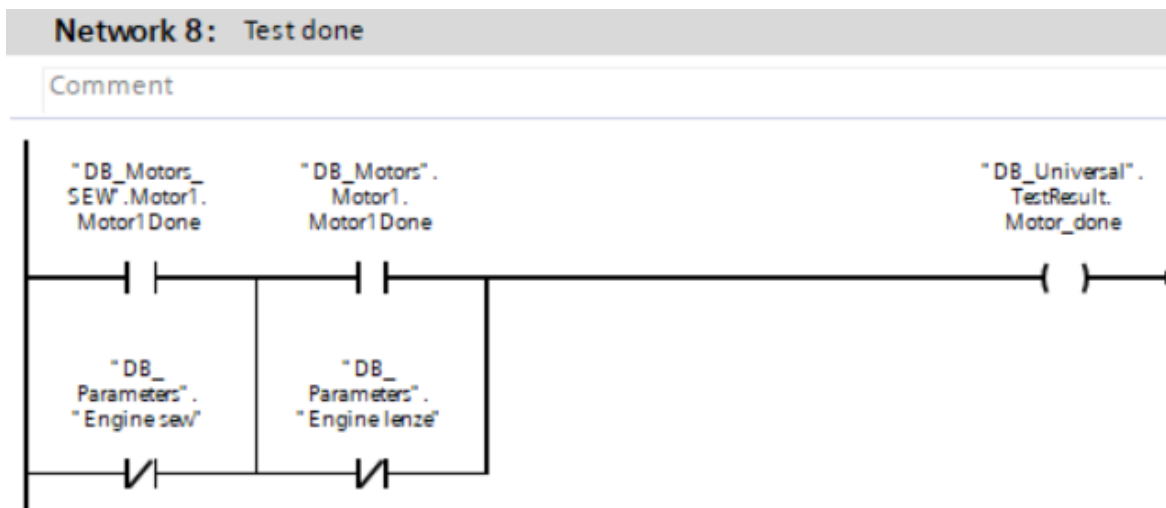
Obr. 35 – operace s bity 8 a 9

- Po provedení všech operací s jednotlivými bity (nastavení rychlosti, stav chyb, stav motoru atd.) je poslední funkcí pod FB4 odeslání control wordu. Pomocí funkce gather, která je inverzní k funkci scatter, se jednotlivé bity složí do dvou bajtů wordu. Ty je potřeba pro úspěšné odeslání opět prohodit, to se provede v následující funkci swap.

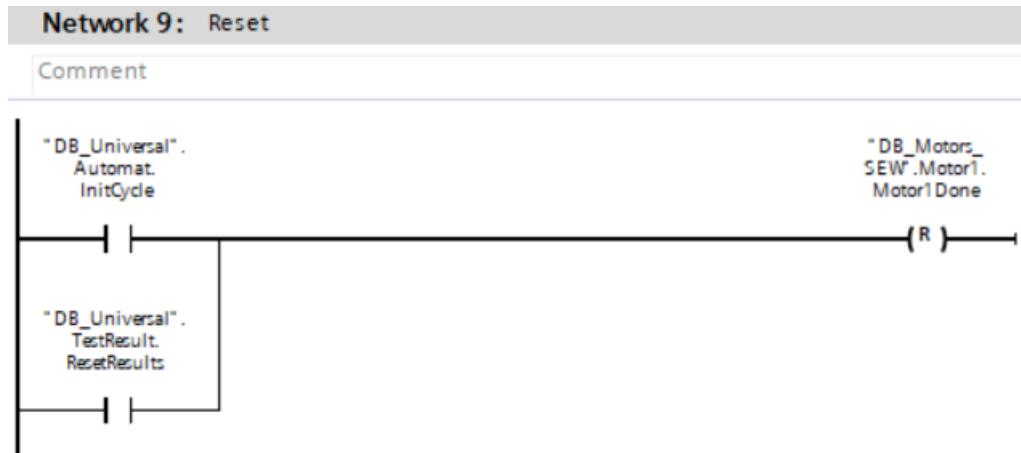


Obr. 36 – funkce gather a swap

- Ve funkci FC10 se dále nachází funkce obdobné jako u testování ventilů a senzorů, tedy logika pro reset a ukončení testu.



Obr. 37 – ukončení testu motoru



Obr. 38 – reset testu motoru



## Zhodnocení a závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat testovací stanici pro ověření správné funkčnosti ventilů, optických senzorů a soustav motorů s měničem. V práci jsou zpracovány předpisy, které popisují parametry jednotlivých testů, provedení obsluhy procesem testu, změření a vyhodnocení veličin testu. Nicméně na testovací stanici by se našla celá řada dalších námětů na zpracování, například komunikace PLC se systémem SCS, více rozvedený popis receptur, výběr komponent, zapojení a realizace rozvaděče atd. Tyto témata však nejsou body zadání a proto jsou v práci zmíněna pouze okrajově.

V první části je přiblížena funkce PLC a HMI v průmyslové automatizaci. V druhé části se nachází popis testovací stanice, její zjednodušená funkční posloupnost a parametry a průběhy jednotlivých testů. Ve třetí části je popsán proces testování, popis operátorského panelu a HMI obrazovek, on-line i off-line test. V poslední, části je popsán program PLC, který obstarává testování jednotlivých komponent.

Multitestr se již používá ve výrobě a velice se osvědčil, zvýšila se kapacita a rychlost testování výrobků a obsluhu může provádět téměř každý proškolený pracovník. Zároveň se plánují další úpravy a vylepšení. Nyní se pracuje na dalším testování složitějších soustav ventilů, kdy se pouze přes jeden modulární konektor, který obsahuje ovládací napájení, signály pro vstupy a výstupy PLC a napojení stlačeného vzduchu, napojí celý menší rozvaděč, ve kterém se bude testovat právě správná funkčnost vícestavových ventilů.

## Literatura

- SEW-EURODRIVE [online katalogový list]. *MOVIKIT® Positioning / Velocity Drive* 03/2019 [cit. 16.4.2022] Dostupné z:  
<https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/25871137.pdf>
- SIEMENS [online katalogový list]. *ET 200SP distributed I/O system* 03/2012 [cit. 3.5.2022] Dostupné z:  
[http://public.eandm.com/Public\\_Docs/et200sp\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](http://public.eandm.com/Public_Docs/et200sp_system_manual_en-US_en-US.pdf)
- SIEMENS [online katalogový list]. *Catalog SIMATIC HMI / PC-based Automation - Edition 2020* [cit. 10.5.2022] Dostupné z:  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/146/109744146/att\\_1029315/v1/simatic-st80-stpc-complete-english-2020.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/146/109744146/att_1029315/v1/simatic-st80-stpc-complete-english-2020.pdf)