



## **Bakalářská práce**

# **Inovace rozvodu vzduchu pro technologický uzel čištění výrobků**

*Studijní program:*

B0714A270001 Mechatronika

*Autor práce:*

**David Klán**

*Vedoucí práce:*

Ing. Lukáš Hubka, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Liberec 2022



## Zadání bakalářské práce

# Inovace rozvodu vzduchu pro technologický uzel čištění výrobků

*Jméno a příjmení:*

**David Klán**

*Osobní číslo:*

M21000066

*Studijní program:*

B0714A270001 Mechatronika

*Zadávací katedra:*

Ústav mechatroniky a technické informatiky

*Akademický rok:*

2022/2023

## Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s daným technologickým celkem a vyberte vhodný nový ventilový terminál pro zástavbu. Odůvodněte volbu ventilového terminálu.
2. Sestavte výkresovou dokumentaci pro rekonstrukci pneumatiky a elektroinstalace a realizujte tuto rekonstrukci.
3. Analyzujte stávající ovládání terminálu z PLC, inovujte komunikační rozhraní mezi PLC a terminálem a upravte program dle aktuálních požadavků.

*Rozsah grafických prací:* dle potřeby dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* 30-40 stran  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

- [1] SOUČEK, Pavel. Servomechanismy ve výrobních strojích. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02902-6.
- [2] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení. 2.*, přeprac. vyd. Praha: BEN, 2004. ISBN 978-80-7300-148-3.
- [3] BERKA, Štěpán. Elektrotechnická schémata a zapojení v praxi. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 9788025145982.

*Vedoucí práce:* Ing. Lukáš Hubka, Ph.D.  
Ústav mechatroniky a technické informatiky

*Datum zadání práce:* 12. října 2022  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 15. května 2023

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Liberci dne 12. října 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

# Inovace rozvodu vzduchu pro technologický uzel čištění výrobků

## Abstrakt

Bakalářská práce se skládá z tří hlavních částí. První část se zaměřuje na výběr vhodných komponent pro sestavení ventilového terminálu pro rozvod tlaku ve stroji. Tento výběr zahrnuje výběr ideálních komponent pro CPX a MPA-L terminály, které jsou použity k vytvoření efektivního a spolehlivého ventilového systému.

Druhá část práce se zabývá návrhem výkresové dokumentace pro rozvody pneumatiky. Dokumentace obsahuje detailní plány a schémata pro fyzické umístění hadic, ventilů a dalších součástí pneumatického systému. Cílem je zajistit správné a přesné provedení rekonstrukce pneumatiky s ohledem na bezpečnost a efektivitu.

Třetí část se zaměřuje na úpravy softwaru souvisejícího s řízením ventilového terminálu. To zahrnuje implementaci komunikace mezi řídicím PLC a ventilovým terminálem, včetně použití sériové komunikace InterBus. Dalšími úpravami softwaru jsou implementace bezpečnostního klíče, který zabraňuje změnám v nastavení ve stroji a vytvoření počítadel kusů pro sledování produkce. Úpravy softwaru budou provedeny v programovacím jazyce STEP 5.

**Klíčová slova:** FESTO, CPX, MPA-L, Siemens, PLC, Step 5, Pneumatika, InterBus

# Innovation of the Air Distribution for the Product Cleaning Technology Unit

## Abstract

The bachelor thesis consists of three main parts. The first part focuses on the selection of suitable components for the assembly of a valve terminal for pressure distribution in the machine. This selection includes the selection of ideal components for CPX and MPA-L terminals that are used to create an efficient and reliable valve system.

The second part of the thesis deals with the design of the drawings for the pneumatic manifolds. The documentation includes detailed plans and diagrams for the physical location of hoses, valves, and other components of the pneumatic system. The aim is to ensure that the tyre reconstruction is correctly and accurately executed with regard to safety and efficiency.

The third part focuses on the software modifications related to the valve terminal control. This includes the implementation of communication between the control PLC and the valve terminal, including the use of InterBus serial communication. Other software modifications include the implementation of a security key to prevent changes to settings in the machine and the creation of piece counters to track production. The software modifications will be done in the STEP 5 programming language.

**Keywords:** FESTO, CPX, MPA-L, Siemens, PLC, Step 5, Pneumatics, InterBus

## Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Lukáši Hubkovi Ph.D. za poskytnuté rady. Dále bych rád poděkoval celému týmu údržby Valeo na pobočce v Podbořanech za vstřícnost a poskytnutí všech potřebných informací.

# Obsah

Seznam zkratek . . . . .	10
<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>1 Valeo</b>	<b>12</b>
1.1 Představení firmy . . . . .	12
1.2 Valeo v Podbořanech . . . . .	12
1.3 Popis stroje . . . . .	13
<b>2 Ventilový terminál FESTO</b>	<b>15</b>
2.1 Představení ventilových terminálů . . . . .	15
2.1.1 Základní informace . . . . .	15
2.1.2 Vzduchový terminál MPA-L . . . . .	16
2.1.3 Terminál CPX . . . . .	16
2.2 Komponenty ventilového terminálu . . . . .	17
2.2.1 Vybrané moduly pro CPX terminál . . . . .	17
2.2.2 Ventily pro terminál MPA-L . . . . .	20
2.2.3 Tlakové hadice . . . . .	23
<b>3 Výkresová dokumentace</b>	<b>25</b>
3.1 Popis výkresové dokumentace . . . . .	25
3.2 Zapojení ventilového terminálu . . . . .	26
<b>4 Softwarové úpravy</b>	<b>27</b>
4.1 Představení jazyka STEP 5 a jeho historie . . . . .	27
4.2 Sériová sběrnice InterBus-S . . . . .	28
4.3 Úprava kódu pro softwarovou komunikaci . . . . .	30
4.4 Úpravy kódu dle požadavků zadavatele . . . . .	31
4.4.1 Změna programů a tlaků pomocí klíče . . . . .	31
4.4.2 Počítadlo obrobků . . . . .	32
<b>Závěr</b>	<b>34</b>
<b>Použitá literatura</b>	<b>38</b>



## Seznam obrázků

1.1	Logo firmy Valeo[1] . . . . .	12
1.2	Přední část stroje - jednotka WSA09 . . . . .	14
2.1	Ilustrační schéma ventilového terminálu . . . . .	15
2.2	Napájecí blok CPX-GE-EV-S[5] . . . . .	17
2.3	Uzel sítě CPX-FB6[7] . . . . .	18
2.4	Digitální vstupní modul[8] . . . . .	19
2.5	Připojovací blok CPX-AB-4-M12X2-5POL[9] . . . . .	19
2.6	Koncová deska VMPAL-EPL-CPX [10] . . . . .	20
2.7	Vnitřní schéma ventilu 5/2[12] . . . . .	22
2.8	Vnitřní schéma ventilu 5/3[11] . . . . .	23
3.1	Pneumatický regulátor s filtrem . . . . .	25
4.1	Topologie sítě Interbus [15] . . . . .	29
4.2	Topologie sítě CAN [17] . . . . .	29
4.3	Ilustrační příklad kódu pro úpravu SW pro jednu kartu . . . . .	30
4.4	Ilustrační příklad kódu pro úpravu SW pro dvě karty . . . . .	30
4.5	Ilustrační příklad kódu pro zamezení změny tlaků . . . . .	31
4.6	Ilustrační příklad kódu pro počítadlo kusů . . . . .	32
4.7	Ilustrační příklad kódu pro nulování počítadla . . . . .	33
4.8	Starý ventilový terminál . . . . .	36
4.9	Nový ventilový terminál zapojený do stroje . . . . .	36

## Seznam zkratek

**CPX** Control Panel eXtended

**MPA-L** Modular Pneumatic Automation - Low profile

## Úvod

Projekt je zadán firmou Valeo. Stávající terminál, který je součástí výrobního procesu, potřebuje časté opravy a blíží se ke konci životního cyklu. Výměnou se předejde častým opravám, čímž se opět zvýší efektivita celého stroje.

Bakalářská práce se zabývá inovací vzduchového systému pro technologii čištění obrobku. S tím je tedy spojen výběr správných komponent pro ventilový terminál a hadic pro rozvod vzduchu. Je nutno upravit výkresovou dokumentaci pro rozvody pneuinstalace a také změnit stávající program pro softwarovou komunikaci mezi PLC a ventilovým terminálem.

V první části bakalářské práce je představena firma Valeo, kde je prováděna praktická část bakalářské práce. Mimo toho je zde popsáno zařízení od firmy Piller Entgrattechnik, na kterém je inovace prováděna.

Druhá část této práce je věnována představení ventilových terminálů, základním informacím a rozdílům mezi CPX a MPA-L terminály. Dále jsou zde uvedeny a důkladně popsány elektronické i pneumatické komponenty, ze kterých je nový ventilový terminál sestavován a nahradí tak stávající terminál starší řady.

Třetí část bakalářské práce se zabývá vytvořením nové výkresové dokumentace pro rozvody pneumatiky ve stroji a zapojením do nového terminálu. V této části je taktéž popsána instalace nového terminálu, včetně kompletního zapojení potřebných vzduchových rozvodů.

V poslední části bakalářské práce je představen jazyk STEP 5 s hlavními důvody, proč se již v dnešní době nepoužívá. Dále je představeno rozhraní ProfiBus a uvedeny hlavní výhody a nevýhody této sběrnice. Další část kapitoly je věnována úpravě stávajícího softwaru pro komunikaci mezi PLC a novým ventilovým terminálem. V poslední části kapitoly je úprava kódu dle požadavků zadavatele. Zde jsou přidány bezpečnostní prvky, které mají zamezit změnám programů a tlaků na ovládacím panelu přístroje. Dalším požadavkem je zavedení počítadla kusů.

Cílem práce je vylepšit a modernizovat stávající systém, přinést výhody v efektivitě, spolehlivosti a funkčnosti a zabezpečit správné řízení a kontrolu procesu. Předpokládá se, že výsledkem práce bude aktualizovaný technologický celek s vylepšeným ventilovým terminálem a novou pneumatikou.

# 1 Valeo

## 1.1 Představení firmy

Firma Valeo je mezinárodní technologickou společností se sídlem v Paříži, která se specializuje na výrobu a prodej automobilových dílů a příslušenství. Firma byla založena v roce 1923 a dnes působí v 33 zemích světa, kde zaměstnává více než 110 000 lidí. Mezi její klíčové produkty patří elektronické systémy pro řízení motoru, osvětlení, asistenční systémy a další technologie pro zvýšení bezpečnosti a pohodlí v automobilech.

Valeo si zakládá na své inovační síle a průkopnických řešeních. Firma vynakládá více než 10 % svého obrátu na výzkum a vývoj, i proto patří mezi lídry v oblasti inovací v automobilovém průmyslu. Mezi nejnovější produkty firmy patří například asistenční systémy pro autonomní jízdu, inteligentní osvětlení nebo technologie pro snížení emisí.[1] Logo firmy je uvedeno na obrázku 1.1.



Obrázek 1.1: Logo firmy Valeo[1]

## 1.2 Valeo v Podbořanech

Závod v Podbořanech, kde je vykonávána praktická část bakalářské práce, patří k jedněm z nejnovějších poboček této firmy. Právě zde se vyrábí komponenty pro brzdové a spojkové pohony, tudíž se řadí do divize Powertrain Systems.

Závod je rozdělen do dvou hlavních segmentů, které se nazývají obrábění a montáž. V segmentu obrábění díl projde nespočtem úkonů, kde se z obrobku odnímá materiál, aby se dosáhlo požadovaných tvarů a rozměrů na přání zákazníka. Následně díl putuje do čističe obrobků (právě na tomto zařízení bude probíhat inovace terminálu a rozvodů), kde se pod vysokým tlakem vody propláchne a vyčistí od špon, usazenin a nečistot. Po oschnutí se přesouvá na oddělení galvaniky, zde

se díky chemické reakci vytvrdí a následuje finální kontrola vyškoleným personálem. Pokud jsou splněny všechny náležitosti, putuje v krabicích do oddělení montáže.

V tomto segmentu díl projde několika zátěžovými zkouškami a je společně s jinými výrobky montován do jednoho celku v automatických linkách. Po kompletaci je na hotový produkt pomocí laseru vypáleno sériové číslo či automobilová značka, které je produkt dodáván. Tím je proces výroby ukončen.

## 1.3 Popis stroje

Nový terminál je implementován do zařízení na čištění obrobků od firmy PILLER ENTGRATTECHNIK, což je německá firma specializující se na výrobu strojů a zařízení pro odstraňování hran z kovových a plastových dílů. Produkty firmy jsou využívány v průmyslové výrobě, a to zejména v automobilovém a leteckém průmyslu.

Celá zástavba je sestavena ze dvou zařízení a to z Hochdruckwasser-Versorgungsanlage WSD07, dále jen WSD07, a z Wasserstrahl-Arbeitseinheit WSA09, dále jen jako WSA09. Obě jednotky spolupracují a jedna bez druhé nemůže fungovat.

Samotný WSD07 od firmy Piller Entgrattechnik slouží pouze k poskytování vody pod vysokým tlakem pro provoz vodního paprsku na WSA09. Stroj je vybaven velkou vodní nádrží na demineralizovanou vodu a silným vysokotlakým čerpadlem, které je normalizováno na provozní tlaky do 760 bar. Vysokotlakému čerpadlu pomáhá podpůrné čerpadlo, které dopravuje vodu z nádrže na sací stranu silného čerpadla. Uvnitř se nachází i motory pro čerpadla, chladicí okruhy, zásobníky oleje pro mazání a další prvky, které zajišťují bezproblémový chod stroje. Samotná nádrž má chladicí okruhy, které se spínají při překročení stanovené teploty, která je nastavena na 50 °C. Pomocí ponorných čerpadel je voda vedena do dvou ventilátory chlazených výměníků tepla. Cyklus chlazení se opakuje do doby, než voda klesne na požadovanou teplotu.

Jednotka WSA09 je určena k odstraňování otřepů a nečistot po obrábění. V jednotce je krom jiného i řídicí PLC, ventilový terminál a ventily pro přivedenou vodu. Jedním z důležitých prvků WSA09 jsou dva filtry, které slouží k odstraňování nečistot a zabezpečují tak co nejdelší životnost demineralizované vody. Filtry jsou připojeny paralelně a lze je ovládat ventilem 3/2. Pokud je jeden z nich vyčerpán, na panelu se objeví chybové hlášení a je nutno přepnout na druhý filtr. Dojde-li v jednom z filtrů k překročení tlaku 1,2 bar, spustí se chybový signál, který vypne celý stroj a tím chrání vysokotlaké čerpadlo před poškozením.

Na přední straně jednotky WSA09 se nachází ovládací panel, který ukazuje chybové hlášky a dají se na něm měnit parametry pro jednotlivé formy. Toho lze dosáhnout pouze s použitím speciálního klíče, aby bylo zabráněno nepovolené změně tlaků operátorem, jak je popsáno v kapitole 4.4.1. Dále je zde ovládání

napájení, tlaku vody a další. U posuvných dveří se nachází dva ovládací spínače na přepínání komor a další, barevně odlišený, pro úplné odpojení stroje od napájení. V horní části obou komor jsou konektory pro připojení ovládacích pinů a pinů pro rotační trysky, ve spodní části jsou konektory pro připojení vody, na které se připojí celá čisticí forma. Pro určení přesné polohy dveří jsou na pojezdech nainstalována čidla, aby celý cyklus mohl začít až po bezpečném uzavření a utěsnění dveří.

Jedním z nejdůležitějších prvků v komorách jsou ventilátor s filtrem, který odděluje vodu od vzniklého aerosolu, který může obsahovat chladicí maziva, oleje a konzervační látky, které mohou být po vdechnutí zdraví nebezpečné. Ventilátor a separátor odsávají vzduch z pracovních komor a oddělují částice dynamicky, což znamená, že se zde využívá síla pohybu kapaliny. Vyčištěný vzduch odchází přes syntetické rouno a kapalina je odváděna zpět do vodní nádrže. Pokud například oddělujeme olej od vody, tak voda vstupuje do separátoru a pohybuje se vysokou rychlostí okolo rotačního tělesa. Olej je lehčí než voda a je oddělen díky gravitační síle, kdy se sbírá na horní části separátoru. Pevné nečistoty v kapalině se následně odstraňují z filtrů nebo jiných částí separátoru.



Obrázek 1.2: Přední část stroje - jednotka WSA09

Pro názornost je navrženo zjednodušené blokové schéma celého stroje, které je na straně 40 v přílohách.

## 2 Ventilový terminál FESTO

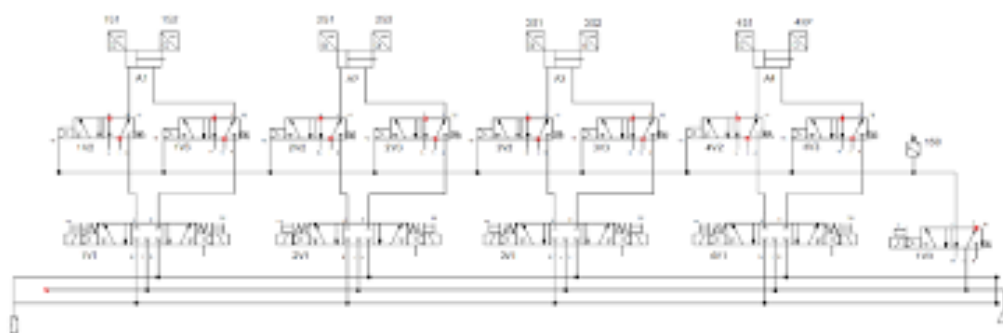
### 2.1 Představení ventilových terminálů

#### 2.1.1 Základní informace

Před výběrem jakékoliv součástky je důležité si správně definovat požadavky na součástku. K tomu, aby se mohly určit požadavky na vzduchový terminál, je zapotřebí nejdříve definovat, co terminál je a jak funguje.

Ventilový terminál pro řízení tlaků ve stroji je zařízení, které slouží ke správnému rozvodu tlakového média v různých částech stroje. Jedná se o ventily, které umožňují regulaci a úpravu tlaku v potrubí nebo v jiných částech stroje. Ventily jsou obvykle vyrobeny z kovových materiálů, jako je například nerezová ocel nebo mosaz, aby odolaly vysokému tlaku a chemickým látkám, které se mohou vyskytovat v průmyslovém prostředí. Takovéto sady pro řízení tlaků mohou být vybaveny různými typy ventilů, včetně kuličkových, přepadových nebo membránových ventilů. Mohou se ovládat buď manuálně nebo pomocí automatizace, například přes programovatelné řídicí jednotky nebo senzory tlaku.

Terminály jsou charakteristické integrací pneumatické a elektrické řídicí techniky. Protože je sada ventilů instalována do jedné blokové jednotky, snižuje se riziko chyby vedení elektrické energie či vzduchu, díky snížení množství hadic a elektrických přípojek. Zároveň se snižuje složitost systému. Ilustrační schéma ventilového terminálu je na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Ilustrační schéma ventilového terminálu

## 2.1.2 Vzduchový terminál MPA-L

Terminály MPA-L jsou vysoce výkonné ventilové bloky pro řízení tlaku a průtoku v průmyslových aplikacích. Bloky jsou často používány v automatizovaných výrobních procesech a strojích.

Hlavní výhodou je modularita, což znamená, že mohou být konfigurovány a upravovány dle potřeby. Jednotlivé moduly umožňují řízení a monitorování různých funkcí, jako jsou například tlakové ventily, elektrické ventily, magnetické ventily, analogové vstupy a výstupy, výpočetní jednotky a další.

Ventilové bloky jsou k dispozici v různých velikostech, aby vyhověly různým požadavkům aplikací. MPA-L jsou také vybaveny řadou diagnostických funkcí, které umožňují monitorovat stav ventilů a komunikovat s řídicími systémy.

Výhodou MPA-L je rychlá údržba a snadná montáž. Moduly lze snadno vyměňovat, což usnadňuje údržbu a opravy. Kromě toho jsou terminály obvykle konstruovány tak, aby vyhovovaly nejnovějším standardům pro bezpečnost systému a ochranu zdraví.

Celkově lze říci, že terminály MPA-L jsou vysoce výkonné, modulární a snadno konfigurovatelné ventilové bloky pro řízení tlaku a průtoku v průmyslových aplikacích. Tyto bloky nabízejí mnoho funkcí a diagnostických nástrojů, což umožňuje rychlou a spolehlivou automatizaci výrobních procesů a strojů. Uvedené informace byly čerpány ze zdrojů [2] a [3].

## 2.1.3 Terminál CPX

CPX terminál je průmyslový výstupní modul vyrobený společností Festo, který umožňuje řízení různých procesů v průmyslových aplikacích. Jedná se o modulární systém, který lze snadno rozšiřovat o další moduly, což umožňuje snadnou konfiguraci a úpravu systému v závislosti na konkrétní aplikaci.

Terminál CPX disponuje širokou škálou vstupů a výstupů, jako jsou digitální a analogové vstupy, výstupy pro řízení servomotorů, výstupy pro řízení pneumatických a hydraulických ventilů. Podporuje také komunikační rozhraní pro Ethernet, Profibus, CANbus a další.

Pro snadné a rychlé programování a konfiguraci je k dispozici software, který umožňuje intuitivní a snadné nastavení modulů a výstupů. Navíc existuje řada příslušenství a doplňků, jako jsou kabely, konektory a přechodové adaptéry, které umožňují snadnou integraci CPX terminálu do stávajících průmyslových systémů.

CPX terminál je navržen pro vysokou spolehlivost a odolnost v náročných prů-



myslových podmínkách. Díky robustnímu kovovému krytu a odolnému vnitřnímu obvodu je tento terminál schopný pracovat v širokém teplotním rozmezí a odolat prachu, vlhkosti a vibracím. Uvedené informace byly čerpány ze zdrojů [2] a [4].

Rozdíl mezi MPA-L a CPX spočívá v tom, že MPA-L se zaměřuje více na hydraulické a pneumatické aplikace, zatímco CPX slouží na řízení procesů pomocí signálů, senzorů a akčních členů.

## 2.2 Komponenty ventilového terminálu

### 2.2.1 Vybrané moduly pro CPX terminál

Nyní, když je uvedena obecná definice, je potřeba nakonfigurovat konkrétní prvky pro skladbu terminálu pro tuto konkrétní zástavbu. Pro správnou funkčnost CPX terminálu je nutno vybrat napájecí bloky, uzel sítě, digitální vstupní moduly, připojovací bloky a koncovou desku pro projení MPA-L a CPX.

#### Napájecí bloky

Jako první jsou vybrány komponenty pro přívod napájecího napětí a rozvod sériové komunikace. Napájecí bloky CPX-GE-EV-S a CPX-GE-EV jsou zodpovědné za zajištění 24 V DC napájení pro všechny moduly CPX. Moduly obsahují napájecí lišty, ze kterých jsou napájeny ostatní součásti CPX, jak je vidět na obrázku 2.2. Díky vnitřnímu rozvodu elektrického napájení lze rozdělit napájení pro elektroniku a pro ventily. Napájecí bloky poskytují centrální elektrické napájení pro celý terminál CPX, čímž šetří náklady na instalaci. [5]

Napájecí bloky slouží k rozvodu sériové komunikace mezi bloky a moduly, které jsou s nimi propojeny. Sériová komunikace se zahajuje na uzlu sítě a dále je přenášena do dalších bloků. Blok CPX-GE-EV-S je použit pro přívod externího napájecího napětí a dále budou použity dva bloky CPX-GE-EV pro rozvod napětí do ostatních modulů, které již neobsahují konektor pro přívod napájení, tím pádem jsou i levnější.



Obrázek 2.2: Napájecí blok CPX-GE-EV-S[5]

## Uzel sítě CPX-FB6

CPX-FB6 je typ řídicího modulu vyvinutý pro automatizaci průmyslových procesů. Jedná se o zařízení, které slouží k řízení a monitorování pneumatických a elektrických komponent v automatizovaných systémech. Modul poskytuje různé vstupy a výstupy, jako jsou digitální a analogové vstupy. Uzel sítě v CPX terminálu slouží jako prostředník pro komunikaci mezi terminálem a nadřazeným zařízením (master) pomocí sítě. Pro svůj provoz potřebuje uzel sítě elektrické napájení ze společného napájecího bloku a komunikuje s moduly I/O. Aktuální stav celého CPX terminálu je zobrazován prostřednictvím osmi LED diod, které signalizují různé stavy. Jako uzel sítě je vybrán modul CPX-FB6, přiložený na obrázku 2.3, protože podporuje potřebný komunikační protokol Interbus.[6] Modul je připojený do řídicího PLC konektorem DE-9 a zároveň je do něj přivedeno napájecí napětí pro celý terminál díky CPX-GE-EV-S, do kterého je zasazen. Jmenovité provozní napětí modulu je 24 V při maximálním proudu 200 mA. [7]

Mezi výhody CPX-FB6 patří vysoká funkčnost, jednoduchá integrace s dalšími zařízeními a vysoká flexibilita. Nevýhodou je nižší přenosová rychlost oproti modelům vyšší řady a to 500-2000 kbit/s.



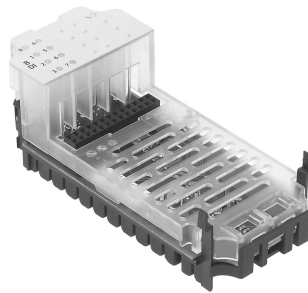
Obrázek 2.3: Uzel sítě CPX-FB6[7]

## Digitální vstupní modul CPX-8DE

Digitální vstupní karta CPX-8DE, přiložena na obrázku 2.4, slouží k připojení a zpracování digitálních vstupních signálů do systému řízení. Konkrétně nabízí osm kanálů pro připojení binárních signálů, které jsou izolovány od ostatních obvodů. CPX-8DE má rychlou odezvu, což znamená, že dokáže rychle reagovat na vstupní signály a posílat data do řídicího systému. Vstupní modul je navržen pro snadnou instalaci a konfiguraci, díky čemuž je vhodný pro aplikace, kde je potřeba rychlá odezva a jednoduchá integrace do existujícího řídicího systému. Karta je také odolná vůči vlivům prostředí, jako jsou vibrace, prach, vlhkost a teplotní výkyvy. To zaručuje spolehlivý provoz i v náročných podmínkách. Oba moduly CPX-8DE jsou zasazeny do připojovacích bloků CPX-AB-4-M12-8POL a napájeny právě ze zmiňovaných bloků CPX-GE-EV.

Nevýhodou může být vyšší cena v porovnání s jinými digitálními vstupními kartami. Vzhledem k tomu, že se jedná o specializovanou kartu pro vstupy, může

být cena vyšší než u univerzálních karet, které umožňují vstup signálů různých typů. Protože je celý terminál od firmy FESTO, byla zvolena sice dražší, ale za to kvalitnější možnost pro chod celého systému.[8]



Obrázek 2.4: Digitální vstupní modul[8]

### Připojovací blok

CPX-AB-4-M12X2-5POL je připojovací modul, který slouží k propojení pneumatického systému s elektrickými signály a komunikačními rozhraními. Modul obsahuje čtyři nezávislé výstupy pro připojení elektropneumatických ventilů nebo jiných pneumatických zařízení. Každý výstup je vybaven konektorem M12x2 s pěti piny pro snadné připojení, jak je vidět z obrázku 2.5.[9]

Mezi výhody modulu patří kompaktní rozměry, což umožňuje jednoduchou montáž a úsporné využití prostoru. Výhodou je také odolnost vůči vibracím a otřesům, což je důležité v průmyslových prostředích, kde k těmto jevům často dochází.

Nevýhodou může být omezený počet výstupů, který je nevhodný pro větší aplikace. Dále je nutné zajistit kompatibilitu s daným řídicím systémem, což může být složité, pokud je používán systém jiného výrobce.

Modul je vhodný pro aplikace, které vyžadují rychlou a spolehlivou komunikaci mezi pneumatickými a elektronickými prvky. Díky svému kompaktnímu designu a odolnosti, je ideální pro použití v továrnách, skladech nebo výrobních linkách.



Obrázek 2.5: Připojovací blok CPX-AB-4-M12X2-5POL[9]

## Koncová deska VMPAL-EPL-CPX

Koncová deska VMPAL-EPL-CPX přijímá napájení z levého napájecího bloku a přenáší napětí pro elektroniku a ventily na elektronické moduly ventilového terminálu MPA. Tím vzniká spojení mezi terminálem CPX a ventilovým terminálem MPA, které zajišťuje napěťové a komunikační propojení. Maximální počet cívek, které mohou být připojeny je 32, což je pro tuto specifikaci terminálu dostačující. Všechny ventily jsou k této desce připojeny pomocí konektorů M8 se čtyřmi piny.[10] Modul je přiložen na obrázku 2.6.

Deska umožňuje vzdálené řízení a sledování stavu ventilů a dalších pneumatických komponent pomocí počítače nebo jiného zařízení připojeného k síti. Modul umožňuje také řízení a nastavování různých parametrů ventilů a dalších komponent pomocí softwaru, což zjednodušuje údržbu a opravy pneumatického systému.

Výhodami jsou vysoká spolehlivost, rychlost a přesnost při řízení a monitorování pneumatických zařízení a procesů. Díky integrovaným funkcím, jako jsou diagnostické nástroje, umožňuje snadné odhalení a odstraňování chyb. Jednou z nevýhod je vysoká cena, což může být pro některé uživatele limitujícím faktorem.



Obrázek 2.6: Koncová deska VMPAL-EPL-CPX [10]

Všechny uvedené komponenty, tedy uzel sítě CPX-FB6, digitální vstupní modul CPX-8DE a připojovací blok dohromady tvoří terminálový celek pro elektronické ovládání ventilů. Komunikace je zajištěna pomocí napájecích modulů, které jsou nasunuty na kovové lišty. V další kapitole jsou vybrány ventily pro pneumatickou část ventilového terminálu, tedy ventily pro terminál MPA-L.

### 2.2.2 Ventily pro terminál MPA-L

Nejprve je nutné vybrat ventily pro posuvné dveře. Pro řízení posuvných dveří je zapotřebí ventil s třemi stavy, aby se dveře mohly plynule posouvat z pravé na levou stranu a opačně po dokončení čistícího cyklu. Během cyklu je nutné mít třetí polohu, ve které program čeká na dokončení cyklu, než se přepne do polohy pro posun dveří. Pro dveře je zvolen ventil typu 5/3 ovládaný na obou stranách elektromagnetickou cívkou. Reset do základní polohy je realizován mechanickou pružinou.[11] Bližší informace o ventilu 5/3 jsou uvedeny v kapitole 2.2.2.

Dalšími prvky pro ovládání jsou ventily na vodu, kterých je 12, tedy šest pro levou stranu a šest pro pravou stranu zařízení. Pro ovládání je vybíráno mezi ventilem 3/2 nebo ventilem 5/2. Vybrán byl monostabilní ventil 5/2, jelikož je potřeba pěticestný se dvěma polohami, kvůli přívodu stlačeného vzduchu a připojení na odfuk, které by při použití ventilu 3/2 nebylo možné realizovat. Ventil využívá pneumatickou pružinu, která ho vrací do základní polohy.

Dále jsou vybírány ventily pro rotační trysky uvnitř forem pro čištění obrobků. Protože trysky mají aretaci a nemohou se otáčet o  $360^\circ$ , je během čistícího cyklu potřeba několikrát prostrídat přivedení tlaku do systému trysek. Pro trysky bylo vybíráno mezi ventilem 5/2 řízeným pomocí elektromagnetických cívek a nebo elektrickým ventilem 5/2 s pneumatickým resetem. Z praktických důvodů a po konzultaci se zadavatelem je vybrán stejný ovládací ventil, jako v předchozím případě, tedy elektrický ventil 5/2 monostabilní, který se vždy po ukončení elektrického signálu vrátí do své výchozí polohy. Vybraný ventil je levnější než bistabilní elektrický ventil 5/2.[12] Celkem je potřeba šest ventilů, jak je vidět v kapitole 3 na straně 25.

Výběr posledních ventilů je pro upínání čistících forem. Zde je potřeba opět ventil, který má tři polohy. V systému forem jsou další dva ventily se třemi polohami, jak je vidět ve výkresové dokumentaci. Tyto ventily byly ponechány a výměna obnášela pouze ventily pro přívod vzduchu do celého systému. Opět byl vybrán ventil 5/3 s řídicími cívkami na obou stranách. Stejný ventil je zvolen i pro piny rotačních trysek 1 a 2, které se ve většině času nepoužívají, narozdíl od pinů trysek 9, které jsou konstantně připojeny na tlakové vedení bez použití ventilů.

Celkem je potřeba 22 ventilů a to ve složení 4x elektrický ventil 5/3 s elektromagnetickými cívkami na obou stranách s resetem do základní polohy realizovaného mechanickou pružinou a 18x monostabilní elektrický ventil 5/2 s řídicí cívkou na jedné a pneumatickou pružinou na druhé straně. Bližší popis a funkce ventilů jsou popsány v dalších dvou bodech a přesná funkčnost v našem zapojení bude uvedena v kapitole 3 na straně 25.

Pro celkovou funkčnost terminálu je vybrán blok pro přívod tlakového média a blok pro odvzdušňování. Zakončení terminálu je realizováno koncovými deskami CPX-EPL-EV, díky kterým je terminál připevněn do stroje. Všechny zbylé komponenty vhodně navrhuje konfigurátor, ve kterém se celý terminál vybíral a je k dispozici na oficiálních webových stránkách firmy FESTO.

Kvůli místu usazení terminálu, které je až na konci stroje, a také šetření rozvodových hadic a kabelů pro napájení, jsou ventily nakonfigurovány v rozmístění 2x ventil 5/3, na které navazuje sada 18 ventilů 5/2 a celý terminál opět zakončují dva ventily typu 5/3. Před touto sadou je předsazen a připojen celý terminál CPX.

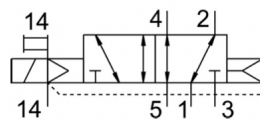
## Ventil 5/2

Monostabilní ventil 5/2 s ovládací cívkou na jedné a pneumatickou pružinou na druhé straně je typ ventilu, který má pět cest a dvě polohy. Cívka ventilu se používá k ovládní přívodu stlačeného vzduchu k ventilu a jeho přepnutí do jiné polohy. Na druhé straně je umístěna pneumatická pružina, která vrací ventil do základní polohy, když není přivedena žádná energie na cívku.

Existují různé varianty ventilů 5/2, například monostabilní a bistabilní. Monostabilní ventil 5/2 se vrací do své výchozí polohy pomocí pružiny nebo jiného mechanismu, jako je například gravitace. Na rozdíl od něj bistabilní ventil zůstane v jedné z poloh, dokud není přepnut pomocí ovládacího signálu.

Typ ventilu 5/2 je obvykle používán tam, kde je potřeba jednoduché ovládní, kdy je nutné, aby se ventil vrátil do základní polohy v případě výpadku energie. Může být použit například pro ovládní pneumatických válců a dalších aplikací, které vyžadují jednoduchost a spolehlivost. Nevýhodou může být vyšší cena oproti jiným typům ventilů, například ventil 3/2.

Kromě výše uvedených funkcí mohou být ventily vybaveny prvky pro snímání polohy, tlumiči a dalšími systémy. Prvky přispívají k bezpečnosti a spolehlivosti práce s pneumatickými zařízeními. Vnitřní schéma ventilu je vidět na obrázku 2.7.



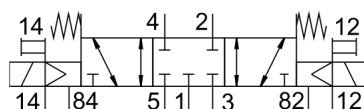
Obrázek 2.7: Vnitřní schéma ventilu 5/2[12]

## Ventil 5/3

Ventil 5/3 je pneumatický ventil používaný v průmyslové automatizaci k řízení pneumatických aktuátorů, jako jsou válce nebo písty. Označení je dáno vnitřní konstrukcí, protože ventil má pět připojení a tři funkce. Konkrétně jsou to dvě vstupní připojení pro přívod stlačeného vzduchu, dvě výstupní připojení pro řízení aktuátoru a připojení pro odvzdušňování. Využity mohou mít tři různé stavy - vypnuto, zapnuto A, pro pravou stranu nebo zapnuto B, pro levou stranu ventilu. Ovládat se může jak elektricky, tak i pneumaticky. Elektrické řízení umožňuje vzdálenou kontrolu ventilu pomocí signálu z řídicího zařízení.

Pneumatické ovládní vyžaduje použití dalších ventilů nebo spínačů pro manuální ovládní. Hlavní výhodou ventilu 5/3 oproti ventilu 5/2 je větší flexibilita a možnost provádět složitější úkoly, jako například řízení hydraulického aktuátoru,

který vyžaduje tři různé polohy. Na druhé straně ventil 5/2 je často vhodnější pro jednodušší úkoly a méně náročné aplikace. Vnitřní schéma ventilu 5/3 je vidět na obrázku 2.8.



Obrázek 2.8: Vnitřní schéma ventilu 5/3[11]

Oba dva typy mají provozní tlak v rozsahu 0,9 až 10 bar s velikostí ventilu 14 mm a jsou připojeny na stejnosměrné napětí 24V. Maximální průtok pro ventil 5/2 je v 670 l/min, což je více než u ventilu 5/3, který disponuje maximálním průtokem pouze 610 l/min. Stupeň ochrany je IP65, pokud jsou ventily namontovány dle normy IEC 60529.

### 2.2.3 Tlakové hadice

Používají pro rozvod tlaku ve strojích a zařízeních. Rozdíl mezi hadicemi je dán různými průměry a se týká především průtokových vlastností a schopnosti přenášet určitý tlak.

- Průtok - Hadice s větším průměrem má obvykle vyšší průtokovou kapacitu než hadice s menším průměrem při stejném tlaku. Průměr 10 mm zajišťuje přenášení většího objemu kapaliny nebo plynu za jednotku času než hadice s průměrem 6 mm.
- Tlaková odolnost - Hadice s větším průměrem jsou obecně schopné vydržet vyšší tlak než ty s menším průměrem. Při výběru je třeba zohlednit tlakové požadavky konkrétního systému a zvolit hadici, která je schopna bezpečně unést požadovaný tlak.
- Ohybová pružnost - Hadice s menším průměrem jsou obvykle pružnější a ohebnější než ty s větším průměrem. Tato výhoda může být využita v případech, kdy je potřeba hadici ohýbat nebo instalovat ve složitých tvarech.
- Materiál - Rozdíl v průměrech je ovlivněn materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. Hadice s menším průměrem jsou často vyrobeny z měkčích materiálů, jako je například pryž, zatímco hadice s větším průměrem mohou být vyrobeny z tvrdších materiálů, jako je například PVC nebo ocel.[13]

Pro zajištění dostatečného přívodu tlaku do terminálu je zvolena hadice s průměrem 10 mm. Vybrána byla, protože má vyšší průtokovou kapacitu než zbylé použité hadice. Díky tomu je schopna dodávat dostatek vzduchu pro celý terminál, což je důležité pro správné fungování zařízení. Zajištěna je i minimalizace rizika poškození, protože se hadice nikde neohýbá. Tím se zajišťuje nepřerušovaný tlak bez zbytečných uzlů na hadici.

Pro rozvod tlaku z ventilového terminálu byly použity hadice o vnějším průměru 6 mm, jelikož není potřeba do zbytku systému dodávat tak velký tlak. Hadice pro rozvod jsou silně namáhány na ohyb, proto byl zvolen menší průměr, který má větší ohybovou pružnost, než hadice s větším průměrem.

Pro rozvod tlakového média se používají hadice PEN-6X1-BL, které jsou vhodné pro aplikace s vysokými cykly opakování. Používají se v systémech, kde se teplota okolí pohybuje v rozmezí od  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . PEN-6X1-BL hadice jsou dymenzovány na maximální provozní tlak 10 bar, což zajišťuje o 25% větší bezpečnost, jelikož systémem protéká tlak o velikosti maximálně 8 bar.

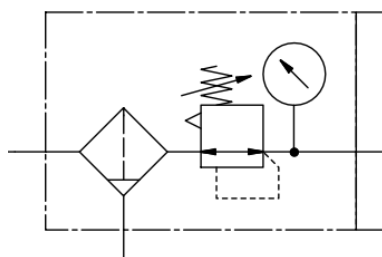


## 3 Výkresová dokumentace

### 3.1 Popis výkresové dokumentace

V kapitole je popsána tvorba výkresové dokumentace pro pneumatické zapojení ventilového terminálu. Celá dokumentace byla tvořena v programu FluidDraw 6 od firmy FESTO a obsahuje šest stran. Dokumentace je k dispozici na straně 41 v přílohách.

První strana obsahuje zapojení bezpečnostních ventilů na vodu a bezpečnostní zařízení pro rozvod vzduchu. Na přívodu tlakového média je filtr pro zachycení jakýchkoliv nečistot. Následuje pneumatický regulátor tlaku s manometrem, který slouží k udržování konstantního výstupního tlaku vzduchu při změnách vstupního tlaku. Regulátor je pro ilustraci na obrázku 3.1. Na výstupu regulátoru jsou připojeny dva ventily, které v případě potřeby zamezí vstupu tlaku do zbytku systému. Následuje pneumatický ventil, který slouží k regulaci a ovládní průtoku stlačeného vzduchu. Pokud nenastane chyba je tlakové médium rozvedeno do zbytku ventilového terminálu. Instalaci dalšího pneumatického regulátoru nastaveného na hodnotu dva bary je zajištěn menší tlak potřebný pro posuvné dveře z důvodu omezení rychlosti posuvu dveří.



Obrázek 3.1: Pneumatický regulátor s filtrem

Na druhé straně je realizováno zapojení tlaku do ventilů pro ovládní posuvných dveří. Po průchodu prvním ventilem 5/3 jsou na rozvodu připojeny škrticí ventily, které omezují tlak pro posuv dveří. Bez nich by mohlo by dojít k mechanickému poškození dveří či jiných senzorů. Druhý ventil je použit pouze v případě nefunkčnosti prvního, jelikož pro ovládní dveří nejsou potřeba dva ventily. škrticí ventily jsou proto nastaveny na maximální hodnotu.

Na dalších dvou stranách je rozvod tlakového média do ventilů 5/2 pro ovládání vody jak pro levou, tak i pro pravou komoru stroje. Na předposlední straně je uvedeno zapojení ventilů pro ovládání rotačních trysek. Ovládání pinů 1 a 2 pro trysky je zapojeno do ventilu 5/3, který je vidět na poslední straně, protože ne vždy je těchto trysek potřeba, jelikož se používají jen pro specifické čisticí formy. Pro pin 9 musí být přiveden menší tlak, než pro všechny ostatní, proto jsou připojeny na stejný rozvod, jako ovládání posuvných dveří.

Na poslední straně výkresové dokumentace jsou zapojeny ventily 5/3. Jeden pro ovládání upínání čisticí formy a druhý pro ovládání již zmíněných pinů 9 pro čisticí trysky. Mechanicky ovládaný ventil 4/2 zde slouží jako bezpečnostní prvek, aby forma nemohla zajet do spodní polohy a neohrozila tak operátora, který manipuluje ve stroji s obrobky. Ventil 5/3 pouze řídí přívod tlaku do ventilů 4/2, které pak ovládají samotný pohyb formy. Mezi těmito ventily je zapojen zpětný ventil z důvodu bezpečnosti systému, jelikož by při poruše mohlo dojít ke zpětné cestě tlaku do ventilu 5/3 místo do tlumiče ventilu 4/2.

## 3.2 Zapojení ventilového terminálu

Před začátkem instalace je nutné z bezpečnostních důvodů celý stroj odpojit od elektrického napájení a stlačeného vzduchu. Následně je uzamčen hlavní spínač napájecího napětí pro znemožnění opětovného přivedení napájení.

Po všech bezpečnostních opatřeních je starý ventilový terminál bezpečně odpojen od elektrického napájení. Konektory pro napájení jsou ponechány pro nový terminál stejně jako hadice pro přívod tlaku. Pro uchycení nového terminálu jsou vyměřeny podpěry, jelikož má jiné rozměry než jeho předchůdce. Uchycení celého terminálu je realizováno čtyřmi šrouby usazenými do koncových desek CPX-EPL-EV. Po uchycení jsou zkontrolovány všechny přívodní hadice, jestli nejsou jakkoli poškozené či zpuchřelé. Vadné kusy jsou nahrazeny novými hadicemi o průměru 6 mm a zapojeny pomocí rychlospojek na terminálu dle výkresové dokumentace. Všechny hadice mají pro přehlednost popisovací štítek. Přívod tlakového média do terminálu je realizován hadicí o vnitřním průměru 10 mm z kompresoru.

Nový terminál používá jiný konektor pro propojení mezi uzlem sítě CPX-FB6 a PLC než starý terminál, konkrétně koncovku DE-9 (nebo také D-sub 9), tudíž je nutné vyrobit nový kabel opatřený koncovkou DE-9. Konektor obsahuje 9 pinů, které jsou ve dvou řadách a jsou rozděleny do skupin jako je napájení, přenos dat, zemění a další. Podle elektrotechnické dokumentace jsou jednotlivé vodiče připojeny na piny PLC tak, aby piny na PLC odpovídaly připojení na piny uzlu sítě CPX-FB6. Při připojování jednotlivých vodičů je důležité dodržovat přesné přiřazení pinů z dokumentace, aby se zachovala správná funkčnost a kompatibilita mezi oběma zařízeními.

## 4 Softwarové úpravy

### 4.1 Představení jazyka STEP 5 a jeho historie

Jazyk Step 5 byl vyvinut v roce 1979 společností Siemens jako nástupce jazyka Step 3. V té době byl Step 3 jedním z nejpoužívanějších jazyků pro programování v průmyslu. Nástupcem se stal Step 5, který byl navržen tak, aby byl snadno přenositelný mezi různými platformami a mohl být použit pro programování v průmyslovém prostředí.

Jazyk STEP 5 byl velmi oblíbený v 80. a 90. letech, kdy byl používán pro programování výrobních linek, řízení procesů a automatizaci výrobních operací. Nicméně v průběhu let se objevily nové jazyky, jako je například STEP 7, který nabízí více funkcí a je vhodnější pro moderní aplikace. Postupně se tak ztrácí zájem o jazyk Step 5 a dnes je používán již velmi omezeně a převážně jen pro údržbu starých strojů ve firmách.

Zde je pár hlavních důvodů, proč se Simatic STEP 5 již dnes nepoužívá. Jedním z nich je fakt, že tato platforma již není podporována společností Siemens, což znamená, že uživatelé nemají přístup k aktualizacím a opravám chyb. Tento fakt může způsobit bezpečnostní hrozby a problémy s funkčností, protože nové verze operačního systému a jiných softwarových aplikací již nemusí být kompatibilní.

Dalším důvodem je, že mnoho inženýrů a programátorů pracuje s novějšími platformami, které nabízejí větší efektivitu a flexibilitu. Moderní programovací jazyky nabízejí také lepší nástroje pro řízení projektů a vývoj softwaru, což znamená, že se výrobní procesy stávají rychlejšími a spolehlivějšími.[14]

## 4.2 Sériová sběrnice InterBus-S

InterBus-S je sériová sběrnice, která byla vyvinuta německou firmou Phoenix Contact pro průmyslové automatizační systémy. Jedná se o vysokorychlostní a spolehlivou sběrnici, která umožňuje přenos dat mezi různými prvky v automatizačních systémech, jako jsou PLC, senzory, akční prvky a další periferie.

Přenos dat přes tuto sběrnici má mnoho výhod, jako je vysoká spolehlivost, nízká latence, velký počet podporovaných zařízení a velký počet podporovaných komunikačních protokolů. InterBus se stal široce používanou sběrnicí v průmyslové automatizaci díky svým vlastnostem.

Nicméně, s rostoucí popularitou moderních Ethernetových technologií, se použití sběrnice InterBus-S pomalu snižuje a byly vyvinuty modernější alternativy, jako jsou sběrnice ProfiBus, CANopen nebo Ethernet/IP. Přesto je sběrnice InterBus-S stále používána v mnoha průmyslových aplikacích a může být vhodnou volbou pro určité účely.

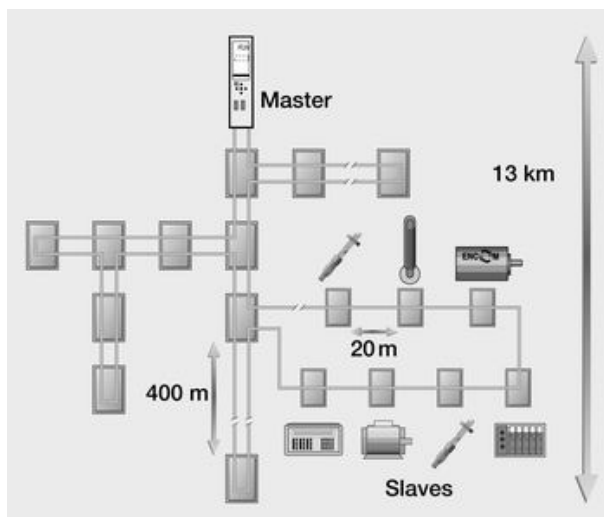
Zde jsou uvedeny rozdíly mezi Interbus-S a modernějšími sběrnicemi jako je CANopen nebo ProfiBus:

- Komunikace - Interbus-S používá synchronní sériový komunikační protokol, který je založen na RS-485 standardu. Data se přenášejí v reálném čase a zajišťuje se deterministická komunikace mezi různými zařízeními v průmyslovém systému. Na rozdíl od Interbus-S používá ProfiBus a CANopen asynchronní komunikační protokoly.
- Topologie - Interbus-S podporuje topologii typu master-slave, kde je jedno zařízení (master) zodpovědné za řízení a koordinaci komunikace s ostatními zařízeními (slaves). ProfiBus a CANopen umožňují také topologii typu peer-to-peer, kde jsou zařízení rovnocenná a mohou komunikovat přímo mezi sebou.
- Rychlost přenosu dat - Interbus-S podporuje přenos dat rychlostí až 500 kbps, což je nižší než rychlosti podporované ProfiBusem (do 12 Mbps) a CANopen (do 1 Mbps). Nižší rychlost může ovlivnit výkon a odezvu průmyslového systému.
- Adresování - Interbus-S využívá hierarchické adresování pro identifikaci jednotlivých zařízení na sběrnici. Každé zařízení na sběrnici má svou unikátní adresu, která je přiřazena během konfigurace systému. ProfiBus a CANopen používají adresování na základě identifikace jednotlivých modulů nebo zařízení.

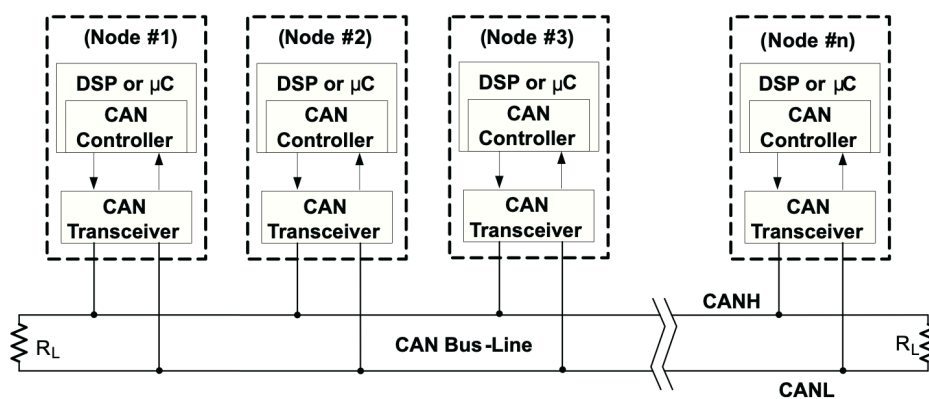
V dnešní době se sběrnice Interbus stále dá použít na menší či střední aplikace, hlavně pokud neklademe takový důraz na rychlost a kapacitu komunikace nebo pokud máme omezené finanční prostředky je tato technologie stále vhodná. Stejně tak se k výběru sběrnice Interbus přiklání někdo, jehož průmyslová zařízení používají

stejný typ a rozšíření není tak nákladné, než instalace novějších technologií. Výše uvedené informace byly čerpány z [15] a [16].

Pro porovnání jsou přiloženy topologie komunikačních sběrnic Interbus na obrázku 4.1 a CAN na obrázku 4.2.



Obrázek 4.1: Topologie sítě Interbus [15]



Obrázek 4.2: Topologie sítě CAN [17]

## 4.3 Úprava kódu pro softwarovou komunikaci

Pro úpravu softwarové komunikace existovaly dvě možnosti, buď upravit stávající program tak, aby fungoval pro nový terminál s jednou kartou vstupů, a nebo přikoupit druhou kartu vstupů, čímž by se do programu nemuselo vůbec zasahovat.

V prvním případě je přiblížena problematika s jednou vstupní kartou. Ilustrační kód má stejnou funkčnost jako reálně používaný kód nahraný v PLC, který zde nemůže být zveřejněn.

```
L      IW 120
T      FW 140

A      I 120.2
=      F 142.6

A      I 120.3
=      F 142.7
```

Obrázek 4.3: Ilustrační příklad kódu pro úpravu SW pro jednu kartu

Na obrázku 4.3 je vidět, že načtení informací ze vstupní karty probíhá pomocí příkazu LOAD z adresy 120, kde je inicializována jako datový typ WORD a následně jsou informace odeslány pomocí funkce TRANSFER na adresu 140 jako datový typ WORD. Poté je z adresy 120 načten druhý a třetí bit, pomocí operátoru A, který slouží pro načtení vstupů po jednotlivých bitech. V dalším kroku je hodnota zaslána na šestý a sedmý bit adresy 142. Adresa slouží pro práci s hodnotami přijímanými druhou kartou předchozího ventilového terminálu.

Druhý ilustrační příklad se zabývá problematikou dvou vstupních karet.

```
L      IW 120
T      FW 140

L      IW 122
T      FW 142
```

Obrázek 4.4: Ilustrační příklad kódu pro úpravu SW pro dvě karty

Na obrázku 4.4, je vidět, že všechny načtené vstupy z adresy 120 se posílají na adresu 140, což jsou adresy pro první kartu, kde jsou zapojeny tři ze čtyř vstupů. Tím, že poslední vstup není zapojen, nemusíme adresy rozepisovat po bitech, ale můžeme je načíst i odeslat jako datový typ WORD. Obdobně funguje i druhá část s adresami 122 a 142 pro druhou kartu, kde je zapojen pouze jeden vstup.

Po konzultaci se zadavatelem je zvolen případ číslo dva, kdy se do terminálu přidá druhá karta vstupů CPX-8DE, aby nebylo nutno zasahovat do programu.

## 4.4 Úpravy kódu dle požadavků zadavatele

### 4.4.1 Změna programů a tlaků pomocí klíče

Úkolem je navrhnout a aplikovat program pro zamezení změny čistícího programu či změny řídicích tlaků na operačním panelu WSA09. Opatření je realizováno vložením a otočením bezpečnostního klíče, které jsou přiděleny údržbě či seřizovači stroje.

```
A      F 240.0
=      F 240.1
C      DB 101
L      DW 26
L      DW 27
><    F
=      F 240.4
O      F 240.1
O      F 240.4
JC     FB 12
```

Obrázek 4.5: Ilustrační příklad kódu pro zamezení změny tlaků

Program pro toto zadání je popsán na obrázku 4.5. Kód popisuje porovnávání dvou hodnot, kdy je načtena hodnota pokud je bezpečnostní klapka v pozici nula, tedy bez jakéhokoliv otočení. Poté je porovnáváno, jestli je hodnota na adrese DW 26 větší nebo menší, než na adrese DW 27, což značí otočení klíče do pozice jedna nebo do pozice dva. Pozice jedna je určena pro seřizování stroje a pozice dva je určena pro opravu při poruše. V obou případech lze měnit programy a řídicí tlaky ve stroji. Pokud je výsledek porovnávání stejný, F240.4 je nastavena na FALSE, tak pomocí funkce JC, což je funkce pro podmíněný skok, je F240.1 poslána dále do bloku FB 12, kde program pokračuje. Pokud je však výsledek porovnávání menší nebo větší, F240.4 je nastavena na TRUE a program taktéž skočí do části FB 12, kde se rozšiřuje se o možnost měnit programy a tlaky. Tím že se otočí klíč se zároveň nastaví F240.0 na FALSE. Rozhodovací funkce je realizována pomocí logického operátoru OR.

## 4.4.2 Počítadlo obrobků

Pro zjednodušení a zrychlení zápisů do archů, které se předávají s dílem od obrobení až po finální odeslání zákazníkovi, je navrhnut program pro počítadlo dílu na WSA09. Ilustrační příklad na obrázku 4.6 je popsán pouze pro jednu čisticí komoru. Je zde i druhé počítadlo, které se nachází na adrese DW 17, jelikož ne vždy jsou v obou komorách stejné díly, proto jsou potřeba dvě počítadla. Pro druhou komoru funguje kód stejným způsobem, pouze jsou změněny hodnoty adres.

```
A      Q 65.4
L      KT0 20.0
SE     T48
A      T48
=      F84.3
C      DB 10
L      DW 16
L      2
ADD
T      DW 16
L      F84.3
JEQ    FB 11
```

Obrázek 4.6: Ilustrační příklad kódu pro počítadlo kusů

V kódu se inkrementuje počítadlo o pevně danou hodnotu dva, jelikož všechny formy jsou na dva obrobky. Pro počítadlo je vytvořena nová složka s názvem FB 11, protože je spolehlivější a jednodušší vytvořit novou složku, než implementovat počítadlo do jiného funkčního bloku. Program čeká na sepnutí čerpadla na vodu a na následný pulz, kterým se spustí časovač T48. Po dokončení čisticího cyklu, tedy doběhnutí časovače T48, který se nastaví na hodnotu TRUE, se předá hodnota TRUE do F84.3. Počítadlo je načteno z adresy DW 16, taktéž je načteno číslo dva, které inkrementuje počítadlo o svou hodnotu. Funkcí TRANSFER je počet uložen na adrese počítadla. Podmíněný skok JEQ se zaktivuje, pokud je F84.3 nastavena na hodnotu TRUE a program čeká na další spuštění čerpadla.



Po dokončení směny se počítadlo musí vyresetovat, aby bylo připraveno pro dalšího operátora. Nulování je realizováno pomocí tlačítek na ovládacím panelu WSA09. Pokud se stiskne tlačítko s adresou 102.0, aktivuje se časovač TON (Time-ON-Delay), který je nastaven na tři vteřiny. Hlavní funkcí TON je poskytnout časové zpoždění před aktivací výstupu po zapnutí vstupního signálu. Uživatel musí držet stisknuté tlačítko po dobu tří vteřin, než dojde k vynulování počítadla. V programu je reset realizován přepsáním aktuální hodnoty na hodnotu nula, jak je ilustrováno na obrázku 4.7.

```
A      I 102.0
=      F 102.1
TON    T51
A      T51
C      DB10
LDA    0
T      DW 16
```

Obrázek 4.7: Ilustrační příklad kódu pro nulování počítadla

## Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout, vybrat a následně realizovat nový ventilový terminál pro zástavbu na čištění obrobků. Práce byla prováděna v pobočce francouzské firmy Valeo se sídlem v Podbořanech, která byla zadavatelem. Po seznámení se strojem a jeho funkcích mohly být vybrány správné technologie pro nový ventilový terminál.

Po důkladné řešerši a pochopení problematiky technologií CPX a MPA-L, které jsou použity ve ventilovém terminálu byly vybrány jednotlivé moduly. Bloky CPX slouží pro napájení a komunikaci celého terminálu a taktéž pro řízení ventilů v terminálu. Následně byly vybrány moduly pro CPX terminál jako například napájecí blok CPX-GE-EV-S, uzel sítě CPX-FB6 pro komunikaci s PLC a řízení ventilů terminálu nebo digitální vstupní modul CPX-8DE pro připojení a zpracování digitálních vstupních signálů. Signály přijímá vstupní modul přes připojovací blok CPX-AB-4-M12X2-5PO díky možnosti zapojení konektoru M12 s pěti piny. Celý terminál CPX zakončuje koncová deska VMPAL-EPL-CPX, která přenáší napětí a řídicí signály do terminálu MPA-L pomocí konektorů M8 se čtyřmi piny.

Druhou polovinu zařízení tvoří technologie MPA-L, pro kterou bylo nutno vybrat správné ventily tak, aby byla zajištěna 100% funkčnost stroje. Pro posuvné dveře byl vybrán elektrický ventil 5/3 s mechanickou pružinou pro reset do výchozí polohy, pro ovládání ventilů na vodu a pro ovládání rotačních trysek byly vybrány ventily 5/2 s pneumatickou pružinou. Pro ovládání trysek 1 a 2 byl zvolen ventil 5/3, jelikož se používají pouze zřídka a pouze pro určité čisticí formy, tudíž není potřeba mít na ně neustále přivedeno tlakové médium. Poslední ventil je určen pro řízení tlaku vstupujícího do ovládacích ventilů čisticí formy. Zvolen byl ventil 5/3, který přivádí tlak na ventily 4/2, které řídí celé upínání formy.

Pro výměnu terminálu bylo nutno vytvořit novou výkresovou dokumentaci, která slouží jako podklad pro zapojení rozvodu pneumatiky. Cílem dokumentace je poskytnout přesný a detailní plán rozvodů, který je nezbytný pro správnou realizaci rekonstrukce.

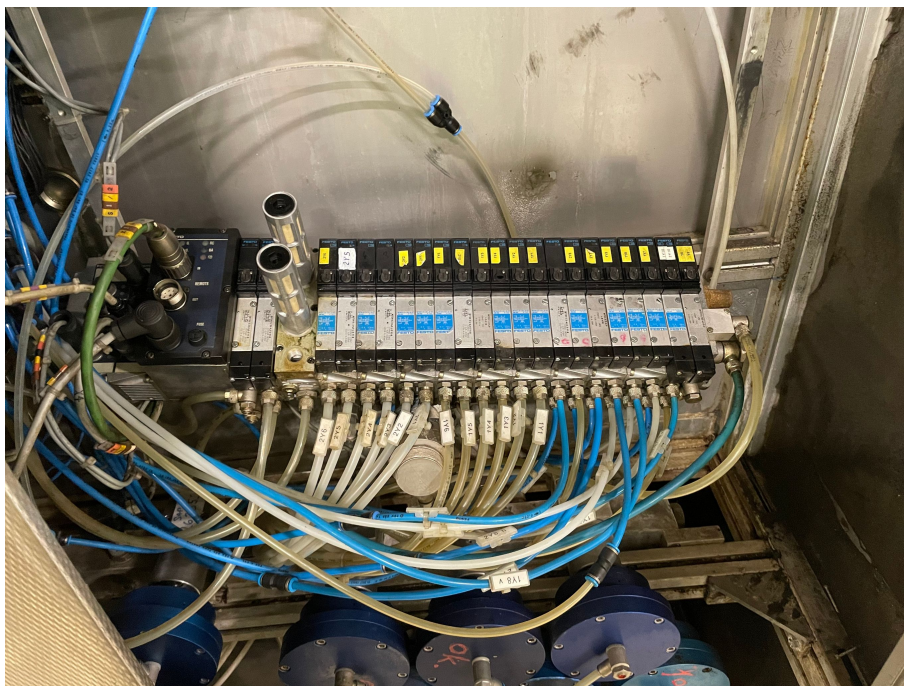
Pro uvedení terminálu do provozu bylo nezbytné seznámit se s dnes již zastaralým programovacím jazykem STEP 5, který byl vyvinut v roce 1979 společností Siemens. V dnešní době se tato platforma používá jen zřídka a to ve starších zařízeních. Hlavním důvodem je rychlost, která je oproti novějším verzím jako je STEP 7 velmi malá a také to, že platforma již není podporována společností Siemens a je zde možnost bezpečnostních hrozeb a nekompatibility s novějšími operačními systémy. Pro komunikaci mezi PLC a ventilovým terminálem je využita sériová sběrnice InterBus-S. Použitá sběrnice je taktéž staršího typu, nicméně dodnes může být použita pro menší projekty, pokud uživatel neklade velký důraz na rychlost a hledá cenově dostupnější variantu.

Pro zajištění správné komunikace mezi PLC a ventilovým terminálem bylo nutno upravit stávající program. Realizace je možná dvěma způsoby a to použitím jednoho nebo dvou vstupního modulu. Pokud by byl použit pouze jeden vstupní modul, program by se musel rozšířit o přeposílání informací ze dvou bitů. Po konzultaci se zadavatelem byla objednána druhá karta vstupů, čímž se instalace terminálu prodloužila o 2 měsíce, ale nebylo nutno měnit stávající program.

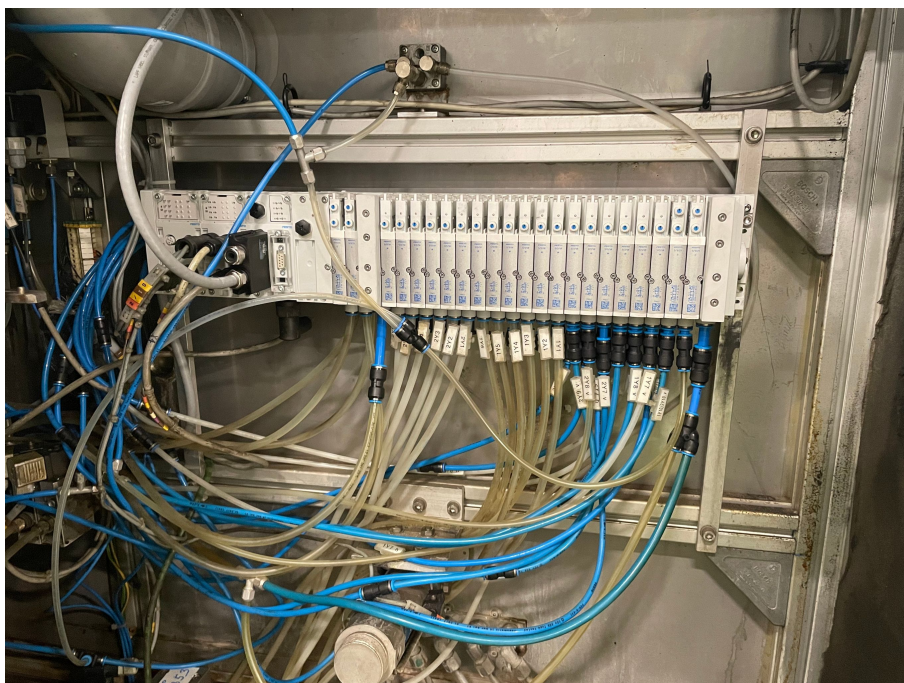
Pro zamezení změny parametrů, jako jsou čisticí programy nebo řídicí tlaky, byl vyvinut bezpečnostní software. Změna je nyní možná pouze pomocí speciálních klíčů, které jsou svěřeny seřizovači či údržbě. Pro zefektivnění zápisu do archu obrobků bylo do systému implementováno počítadlo kusů. Hlavním účelem je usnadnit a zrychlit evidenci produkce a umožnit přesný záznam o vyrobených jednotkách. Počítadlo je realizováno pomocí pulzu, který vyvolá zapnutí čerpadla. Následně je zapnut časovač, který čítá do konce čisticího cyklu a inkrementuje hodnotu počítadla. Pro reset je využit čítač TON, u kterého musí zůstat sepnutý kontakt minimálně tři vteřiny, než se zaktivuje na hodnotu TRUE a následně přepíše hodnotu počítadla na nulu.

Všechny provedené změny byly realizovány bez větších problémů. Během implementace se vyskytly pouze drobné technické výzvy, které byly snadno vyřešeny. Jedinou chybou po zapojení ventilového terminálu a následné zkoušce byla absence škrticích ventilů na rozvodu pro posuvné dveře. Absence zapříčinila velkou rychlost při posunu dveří, které se v ten moment staly nebezpečnými, proto byl stroj okamžitě vypnut. Škrticí ventily se následně zapojily a nastavily na požadované škrcení, aby rychlost dveří nezpůsobila škody na zařízení a nebyla nebezpečná pro operátora. V současné době je stroj v každodenním provozu a výměna terminálu bude realizována na třech zbývajících identických zařízeních.

Pro úplnost jsou přiloženy oba terminály, jak starý, který je na obrázku 4.8 již sundán, tak i nový ventilový terminál na obrázku 4.9, který je již zapojen a připraven pro použití.



Obrázek 4.8: Starý ventilový terminál



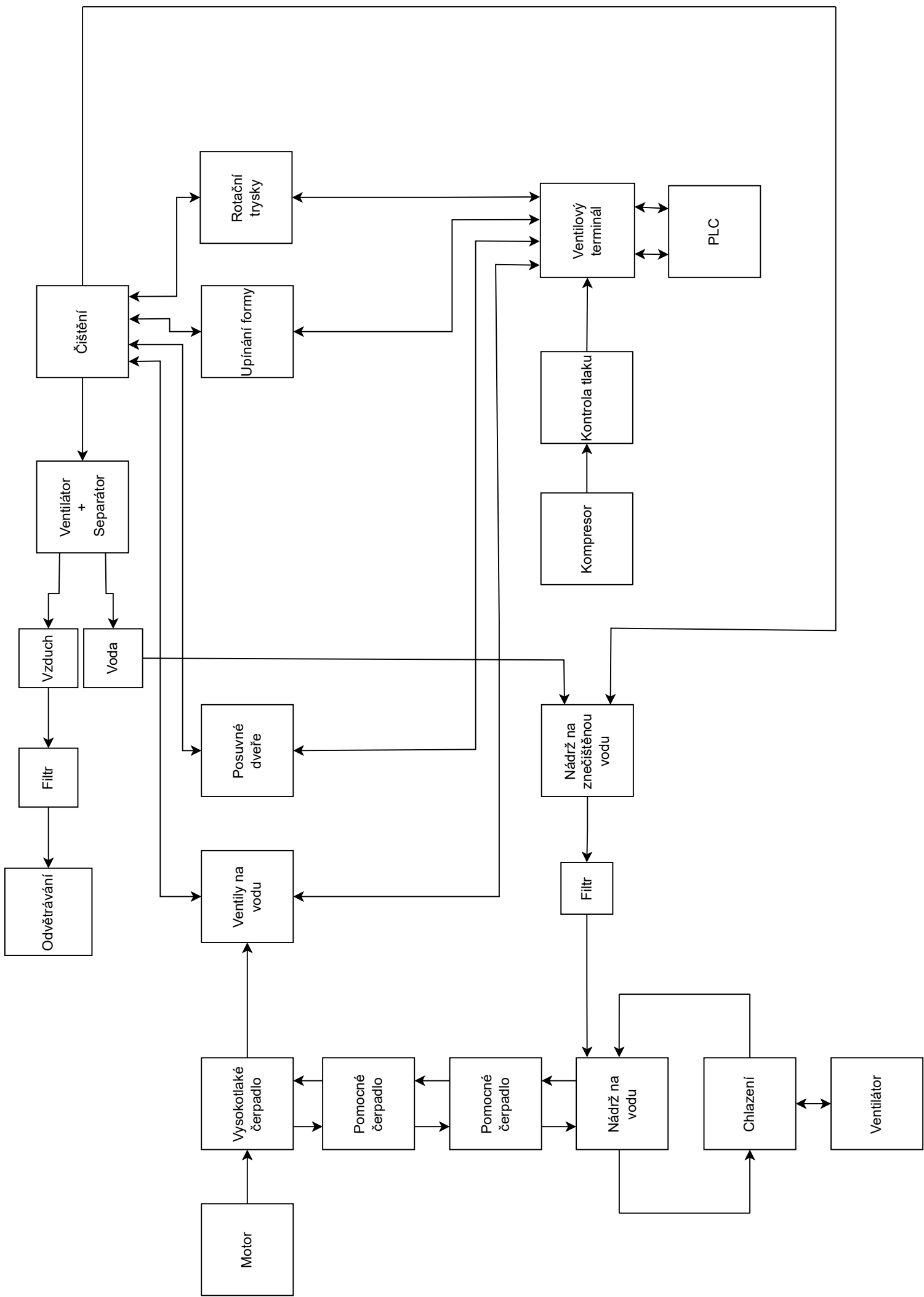
Obrázek 4.9: Nový ventilový terminál zapojený do stroje

## Použitá literatura

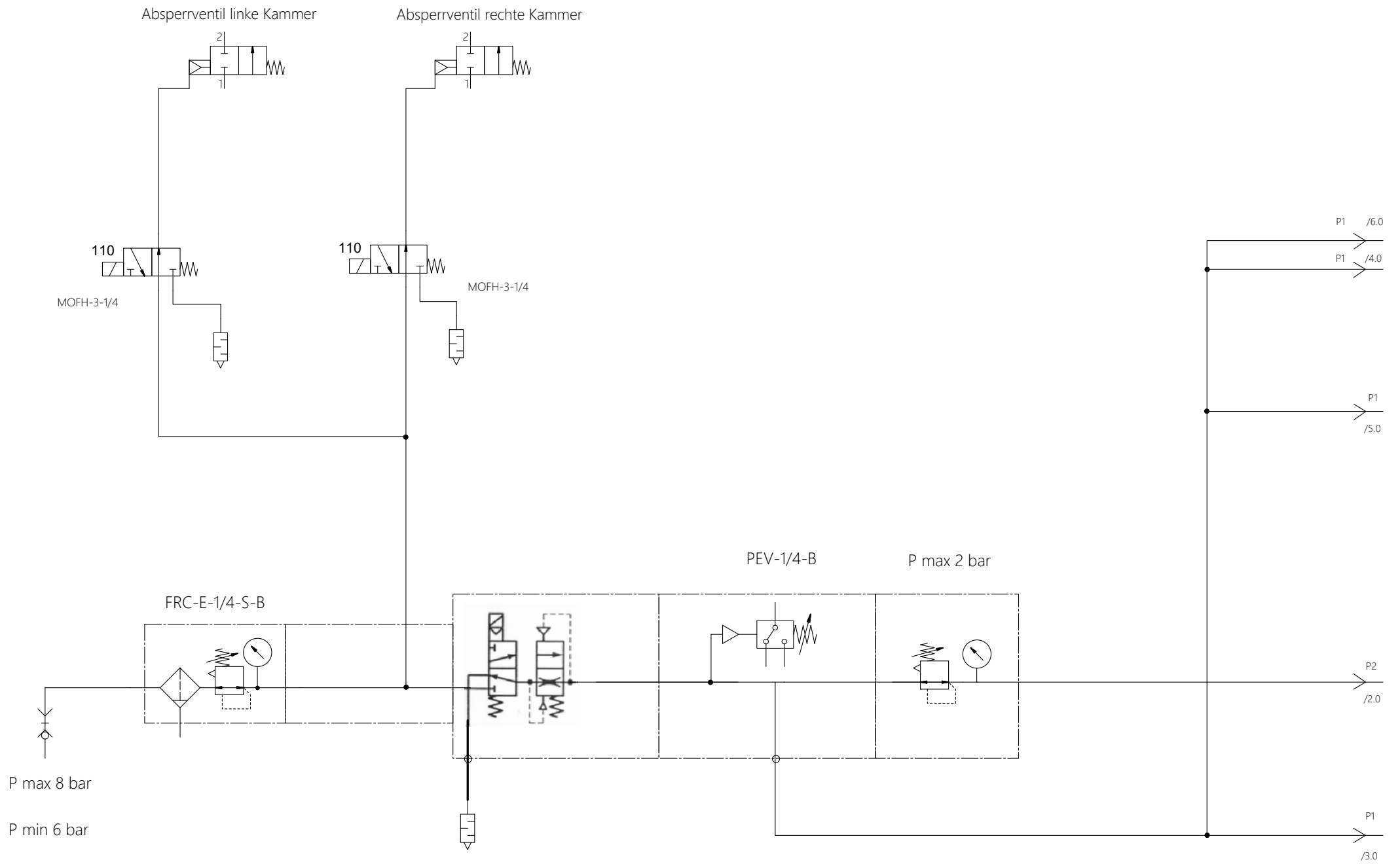
- [1] Valeo [online]. Praha: Valeo [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/cs/ceska-republika/>.
- [2] LACINA, Václav. *Pneumatika a komunikace* [online]. Praha: FESTO, 2012 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/pneumatika-a-komunikace>.
- [3] *Valve terminals MPA-L* [online]. Canada: FESTO, 2022 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/media/pim/240/D15000100123240.PDF>.
- [4] *Modular electrical terminal CPX* [online]. Canada: FESTO, 2023 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/media/pim/926/D15000100121926.PDF>.
- [5] *Řadový blok CPX-GE-EV-S* [online]. Canada: FESTO, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/a/download-document/datasheet/195746>.
- [6] *Bus node CPX-FB6* [online]. Canada: FESTO, 2016 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.festo.com/gb/en/a/download-document/datasheet/195748>.
- [7] *Řídicí bloky CPX-CEC* [online]. Canada: FESTO, 2016 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/media/pim/497/D15000100152497.PDF>.
- [8] *Input module CPX-8DE* [online]. Canada: FESTO, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/gb/en/a/download-document/datasheet/195750>.
- [9] *Manifold block CPX-AB-4-M12X2-5POL* [online]. Canada: FESTO, 2020 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/gb/en/a/download-document/datasheet/195704>.
- [10] *Koncová deska VMPAL-EPL-CPX* [online]. Canada: FESTO, 2020 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/a/download-document/datasheet/570783>.
- [11] *Air solenoid valve VMPA14-M1H-G-PI* [online]. Canada: FESTO, 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/us/en/a/download-document/datasheet/573721>.
- [12] *Air solenoid valve VMPA14-M1H-M-PI* [online]. Canada: FESTO, 2019 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.festo.com/us/en/a/download-document/datasheet/573718>.

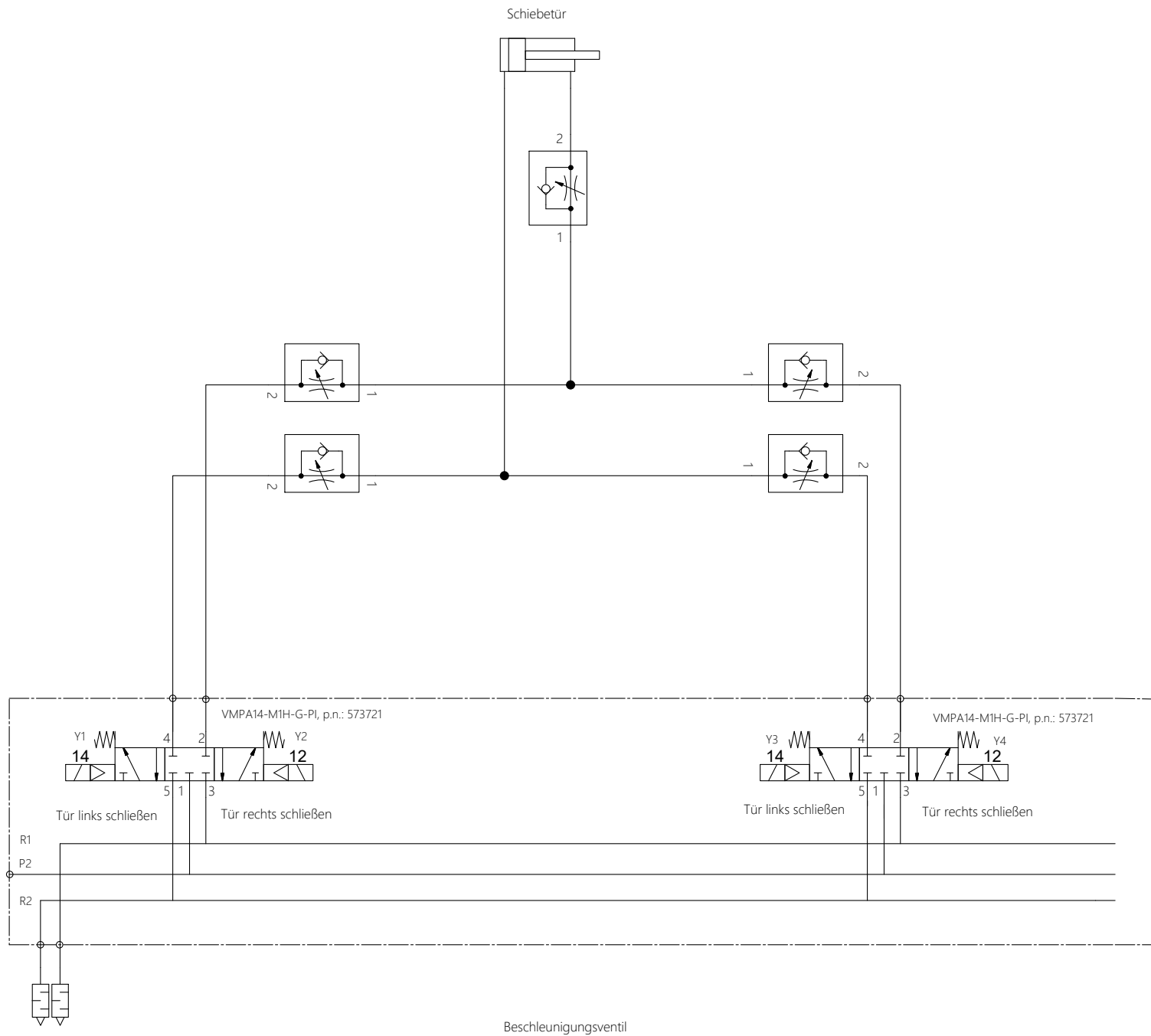
- [13] *Hadice z plastu, kalibrovaný vnější průměr* [online]. Canada: FESTO, 2020 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.festo.com/media/pim/022/D15000100153022.PDF>.
- [14] *SIMATIC throughout history* [online]. Mnichov: Siemens, 2018 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/specials/60-years-of-simatic.html>.
- [15] *Interbus-S* [online]. Blomberg: PhoenixContact, 1994 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://datasheet.octopart.com/2758156-Phoenix-Contact-datasheet-142323659.pdf>.
- [16] *Interbus Basics* [online]. Blomberg: InterbusClub, 2000 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [http://www.interbusclub.com/dl/Dok\\_interbus\\_basics\\_en.pdf](http://www.interbusclub.com/dl/Dok_interbus_basics_en.pdf).
- [17] *Introduction to the Controller Area Network (CAN)* [online]. Texas: Texas Instruments, 2016 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: [https://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf?ts=1684194474273%5C&ref\\_url=https%5C%253A%5C%252F%5C%252Fwww.google.com%5C%252F](https://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf?ts=1684194474273%5C&ref_url=https%5C%253A%5C%252F%5C%252Fwww.google.com%5C%252F).

## Přílohy









rechts

HD6

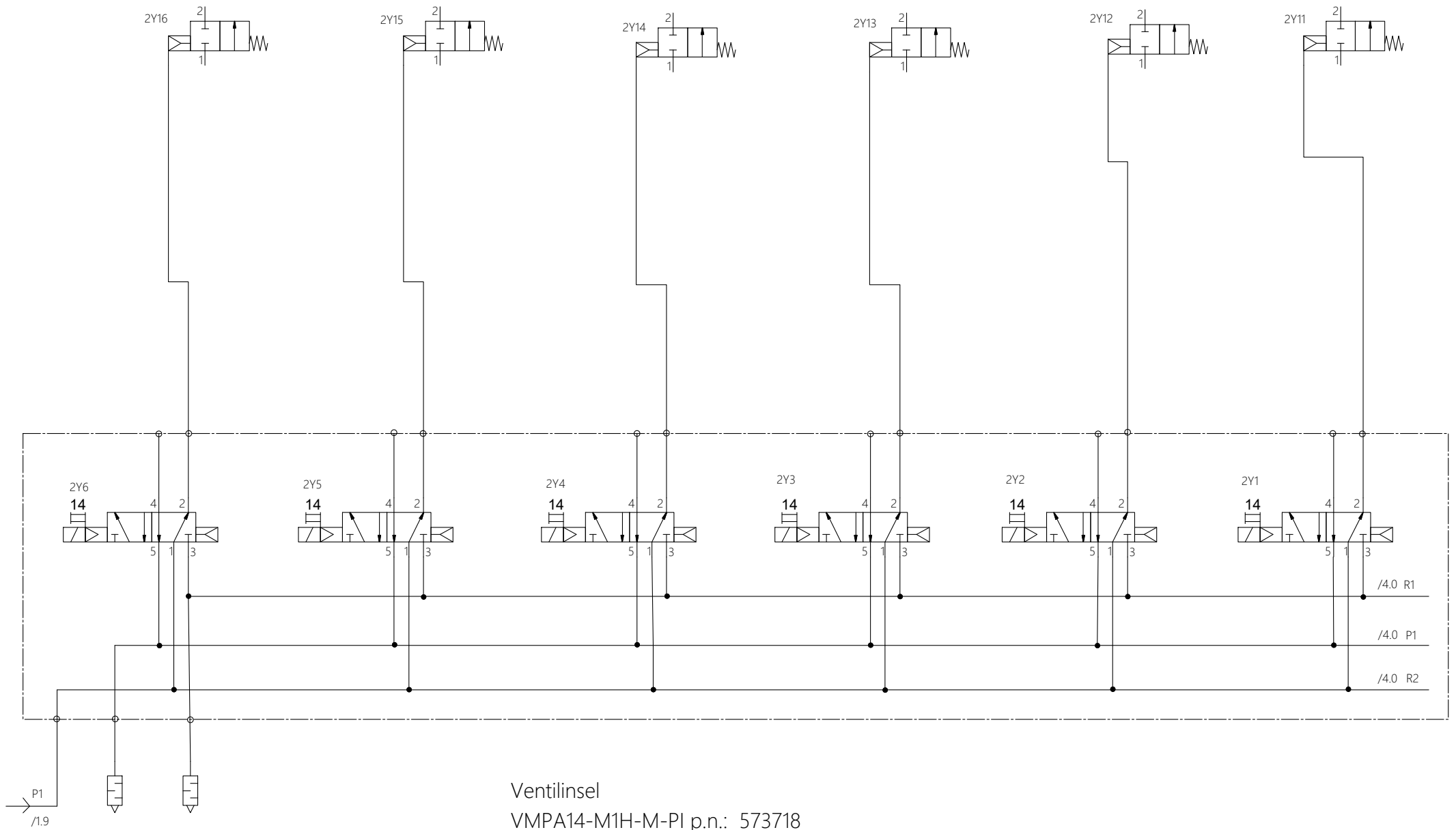
HD5

HD4

HD3

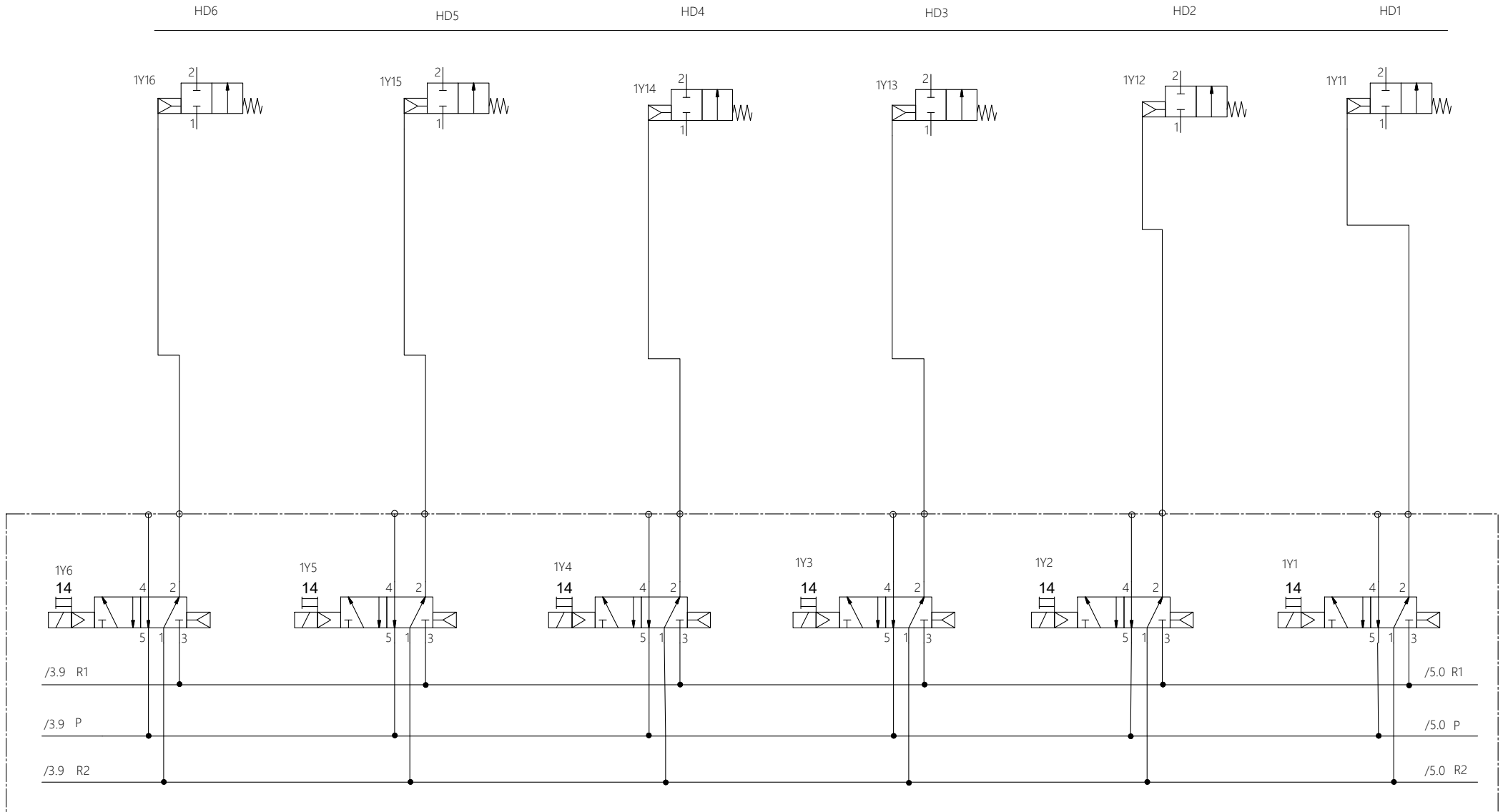
HD2

HD1

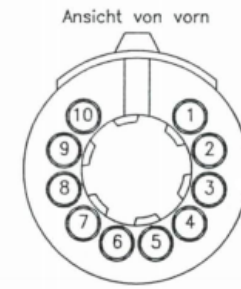


Ventilinsel  
VMPA14-M1H-M-PI p.n.: 573718

links

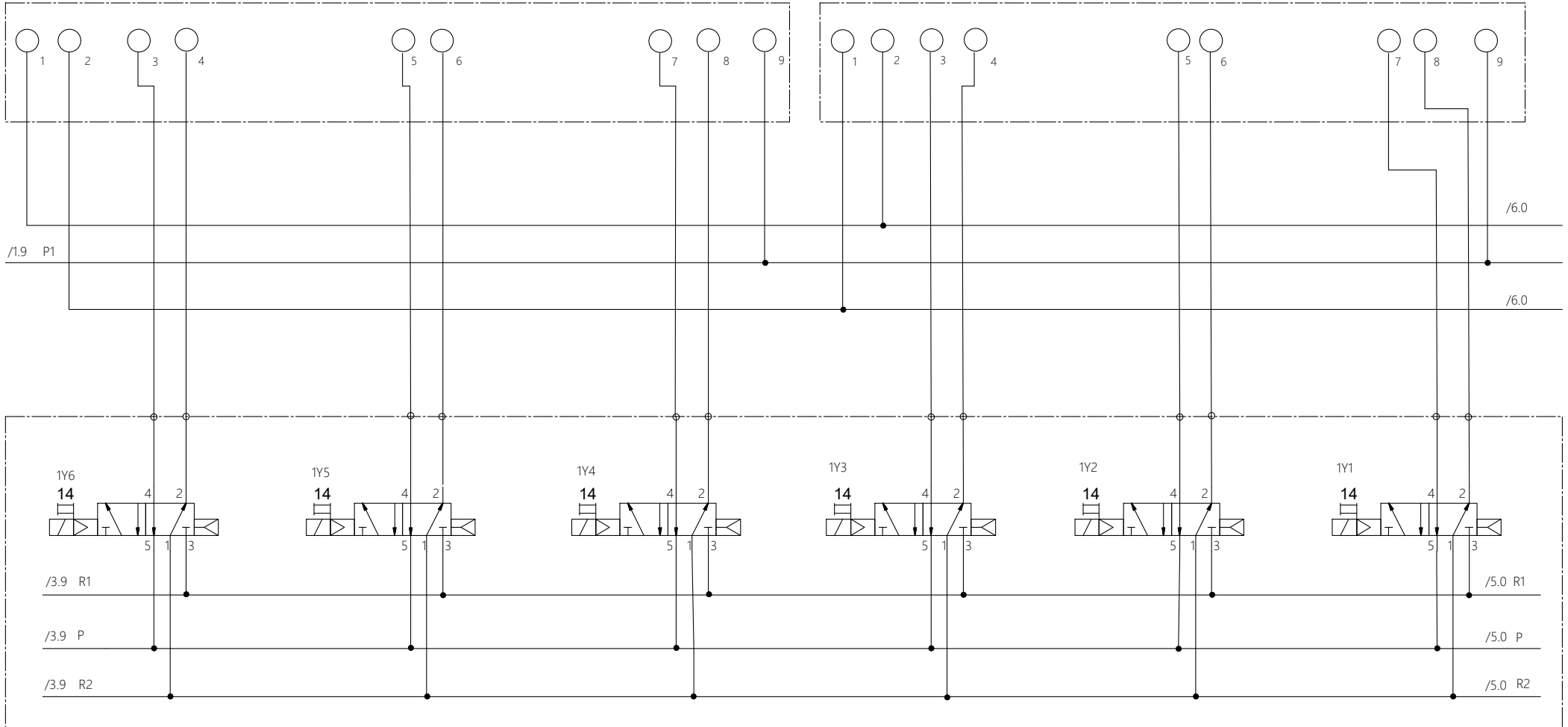


Ventilinsel  
VMPA14-M1H-M-PI p.n.: 573718



rechte Kammer

linke Kammer



Ventilinsel  
 VMPA14-M1H-M-PI p.n.: 573718

