

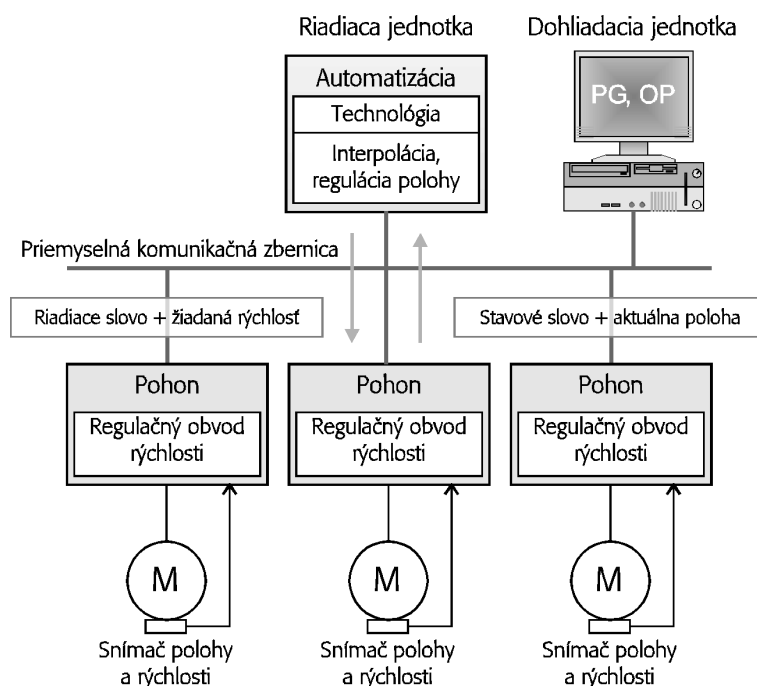
# 7 KOMUNIKÁCIA S ELEKTRICKÝMI POHONMI

## Ciele

- Oboznámiť sa s požiadavkami na prenos údajov v systémoch riadenia pohybu,
- oboznámiť sa so základnými vlastnosťami existujúcich komunikačných profilov pre aplikácie riadenia pohybu,
- pochopiť architektúru a funkciu komunikačného profilu PROFIdrive.

## 7.1 Požiadavky na prenos údajov v systémoch riadenia pohybu

Elektrické pohony od najjednoduchších striedavých frekvenčných meničov, až po vysoko dynamické servopohony, sa v čoraz väčšej miere pripájajú k nadradeným riadiacim jednotkám prostredníctvom priemyselnej komunikačnej zbernice, alebo priemyselného Ethernetu. Žiadaná hodnota (poloha, rýchlosť, alebo moment) je generovaná z nadradenej úrovne, pričom aktuálna hodnota riadenej veličiny je odosielaná späť do automatizovaného systému.



Obr. 7.1 Trojosový systém riadený riadiacou jednotkou prostredníctvom priemyselnej komunikačnej zbernice

Na Obr.7.1 je príklad trojosového polohového systému, v ktorom je regulátor polohy implementovaný v nadradenej riadiacej jednotke, ktorá komunikuje s pohonmi cez priemyselnú komunikačnú zbernicu. Na zabezpečenie správnej činnosti pohybového systému je potrebné, aby systém na prenos informácií umožňoval: cyklický a acyklický prenos údajov, synchronizáciu hodín komunikujúcich zariadení a vzájomnú komunikáciu medzi pohonmi.

### **7.1.1 Cyklický prenos údajov**

Cyklicky sa prenáša akčný zásah a príkazy z riadiacej jednotky do pohonu. Naopak, z pohonu do riadiacej jednotky sa prenášajú hodnoty monitorovaných veličín a stav zariadenia (pohonu). Pri cyklickej komunikácii sa prenášajú časovo kritické procesné veličiny medzi riadiacou jednotkou a pohonom, alebo medzi pohonmi.

### **7.1.2 Acyklický prenos údajov**

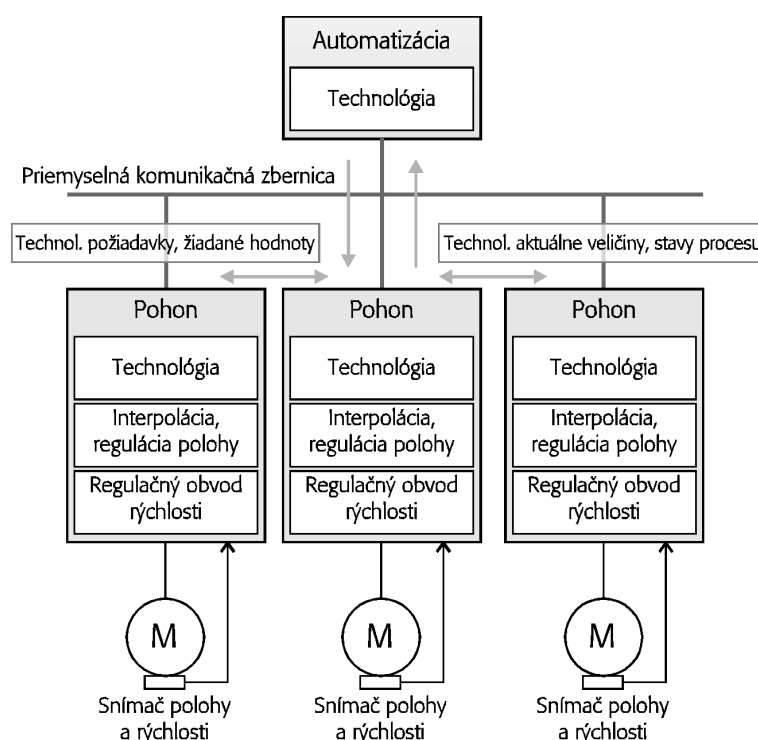
Súbežne s cyklickou výmenou dát sa používa acyklický prenos monitorovaných veličín a veličín a parametrov nastavovaných operátorom. Pri acyklickej komunikácii sa prenášajú údaje, ktoré nie sú časovo kritické, napríklad zavádzanie mikroprogramu (firmware), alebo parametrov. Acyklický prenos môže prebiehať medzi pohonom a riadiacou, alebo dohliadacou jednotkou. Dohliadacia jednotka je zariadenie, ktoré spravuje konfiguračné údaje (množiny parametrov) a zber diagnostických údajov z pohonov a riadiacich jednotiek.

### **7.1.3 Synchronizácia komunikujúcich zariadení**

V niektorých aplikačných režimoch je možné realizovať cyklický prenos údajov v synchrónnom režime, čo znamená, že sú synchronizované periódy vzorkovania riadiacej jednotky a pohonu a cyklus zbernice. Vďaka synchronizácii sú vo všetkých pohonoch súčasne vzorkované aktuálne veličiny a aktivované vypočítané akčné zásahy.

### **7.1.4 Vzájomná komunikácia medzi pohonmi**

V prípade, že sú časti algoritmu riadenia pohybu distribuované v samotných pohonoch, je potrebné realizovať prenos údajov priamo medzi pohonmi. Na Obr.7.2 je trojosový systém s tromi inteligentnými pohonmi. Stredný pohon riadi činnosť ostatných pohonov. Pri komunikácii dochádza k prenosu údajov medzi pohonmi bez účasti externej riadiacej jednotky.



Obr.7.2 Príklad trojosového systému s priamou komunikáciou medzi pohonmi

## 7.2 Komunikačné profily na riadenie pohybu

Pre rôzne štandardy priemyselných komunikačných zberníc a priemyselného Ethernetu boli vytvorené komunikačné profily definujúce parametre a správanie zariadení na riadenie pohybu a na komunikáciu s nimi. Nižšie sú uvedené 4 komunikačné profily pre aplikácie riadenia pohybu.

Komunikačný profil **CANopen – CiA402** je súčasťou aplikačného profilu CANopen, ktorý bol pôvodne navrhnutý pre priemyselnú komunikačnú zbernicu CAN a aplikácie v stroch s riadením pohybu. Profil CANopen (a tiež komunikačný profil CiA402) je implementovaný aj v komunikačných systémoch Ethernet Powerlink a EtherCAT.

Rozšírením komunikačného protokolu CIP v sieťach EtherNet/IP, ktoré umožňuje integráciu prevádzkových prístrojov, zariadení a pohonov v jednej komunikačnej sieti je komunikačný profil **CIP Motion**.

**DRIVECOM** je komunikačný profil používaný v priemyselnej komunikačnej zbernici Interbus-S. Je to najstarší komunikačný profil pre aplikácie riadenia pohybu.

Pre priemyselnú komunikačnú zbernicu PROFIBUS DP a sieť PROFINet je určený komunikačný profil **PROFIdrive**. PROFIdrive definuje 6 aplikačných tried pre použitie pohonov: 1. štandardný pohon, 2. štandardný pohon s distribuovanou riadiacou jednotkou technologického procesu, 3. jednoosový polohovací pohon s lokálnym riadením pohybu, 4. riadenie pohybu s centrálnou interpoláciou a rozhraním žiadanej rýchlosti, 5. riadenie pohybu s centrálnou interpoláciou a rozhraním žiadanej polohy, 6. riadenie pohybu pre synchronizované procesy, alebo distribuovaný uhlový synchronizmus.

V tabuľke 1 sú dosiahnuteľné vlastnosti komunikácie s vyššie uvedenými komunikačnými profilmi (plus komunikačný profil SERCOS, pričom chýbajú informácie o profile DRIVECOM) a priemyselné komunikačné systémy v ktorých sú implementované. Ako prvý je vždy uvedený komunikačný systém, ktorý dosahuje parametre uvedené v tabuľke.

Tabuľka 1

#### Komunikačné profily pre riadenie pohybu

Komunikačný profil	Časová neistota	Trvanie komunikačného cyklu	Priemyselný komunikčný systém
<i>CANopen – CiA402</i>	< 1 $\mu$ s	100 $\mu$ s / 100 osí	EtherCat, EPL, CAN
<i>CIP Motion</i>	< 200 ns	1 ms / 100 osí	EtherNet/IP
<i>DRIVECOM</i>	X	X	Interbus-S
<i>PROFIdrive</i>	< 1 $\mu$ s	1 ms / 150 osí	PROFINet, PROFIBUS
<i>SERCOS</i>	< 1 $\mu$ s	1 ms / 150 osí	SERCOS III, SERCOS

#### 7.2.1 Komunikačný profil PROFIdrive

Komunikačný profil PROFIdrive je nadstavbou štandardov PROFIBUS a PROFINET. Je štandardizovaný medzinárodnou normou IEC 61800-7. PROFIdrive definuje jednotné správanie pohonného zariadenia a spôsob prístupu k údajom pohonu.

Komunikačný profil PROFIdrive špecifikuje:

- komunikačné zariadenia,
- komunikačné vzťahy,
- komunikačnú sieť,
- objektový model,
- vrstvový model zariadenia PROFIdrive,
- komunikačné služby,
- model pohonu.

#### Komunikačné zariadenia podľa PROFIdrive

PROFIdrive opisuje komunikáciu medzi nasledovnými typmi zariadení (vid' Obr.7.1):

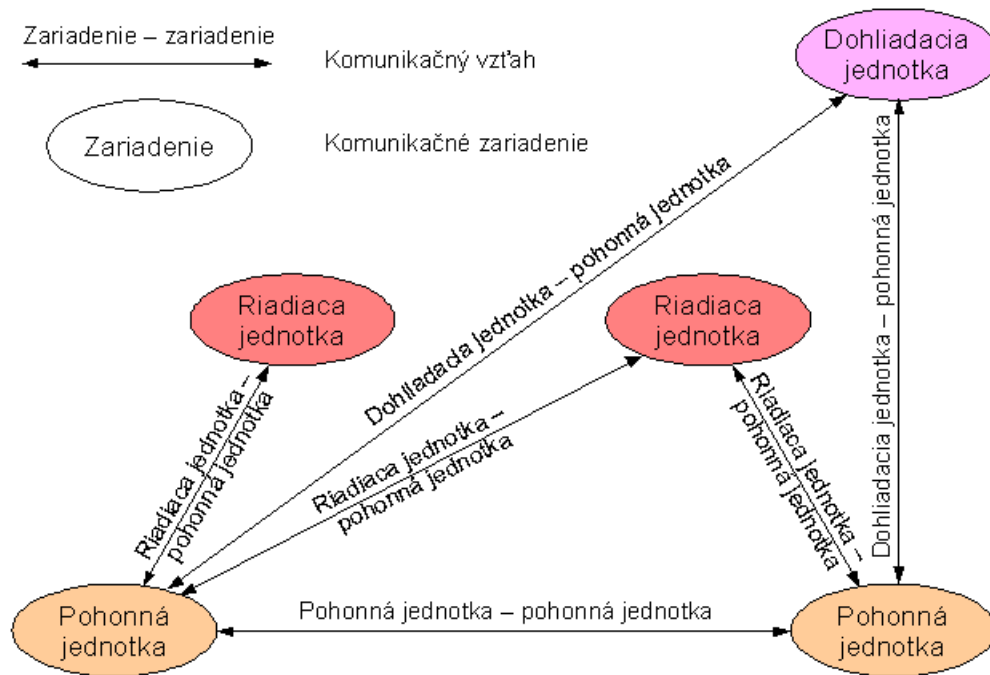
*Riadiaca jednotka* – zariadenie, ktoré je zviazané s jedným alebo viacerými pohonmi. Je to hlavné zariadenie automatizovaného systému.

*Pohonná jednotka* – prevádzkové zariadenie a hlavné zariadenie pohonu (napr. frekvenčný menič). Pohonná jednotka je zvyčajne zviazaná s jednou, alebo viacerými riadiacimi jednotkami. Vid' zariadenia „pohon“ na Obr.7.1.

*Dohliadacia jednotka* – zariadenie, ktoré spravuje poskytovanie konfiguračných údajov (množín parametrov) a zber diagnostických údajov z pohonných jednotiek a (alebo) riadiacich jednotiek.

### Komunikačné vzťahy

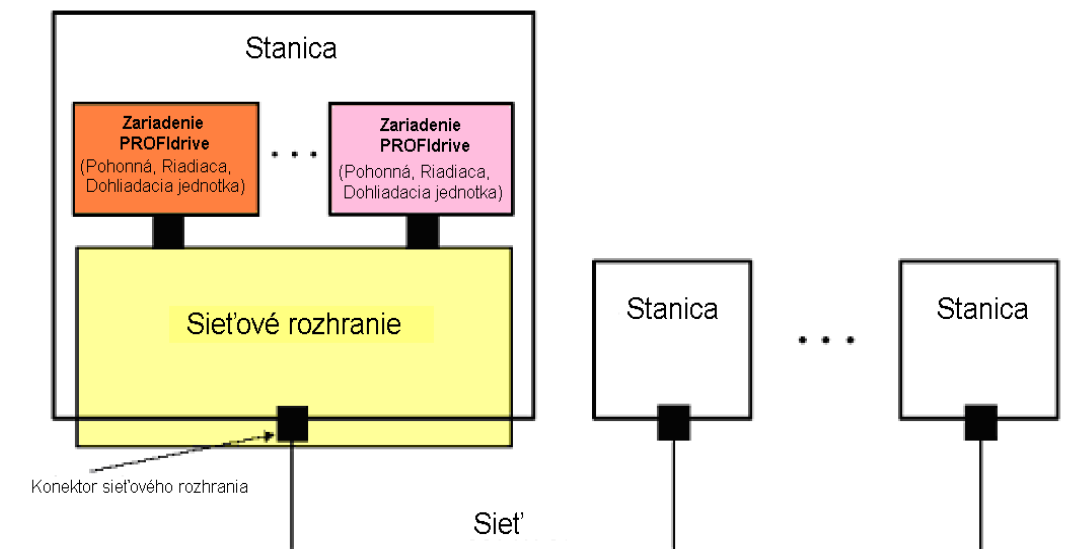
Na Obr.7.3 sú uvedené komunikačné vzťahy medzi zariadeniami PROFIdrive.



Obr.7.3 Komunikačné vzťahy medzi zariadeniami PROFIdrive

### Komunikačná sieť

Na Obr.7.4 je všeobecná architektúra automatizovaného systému a pozícia zariadení PROFIdrive ako prvkov určitej stanice. Vo všeobecnosti, fyzický model pozostáva z fyzických staníc začlenených do systému komunikačnej siete. Hoci každá stanica obsahuje konektor sieťového rozhrania na fyzické pripojenie stanice do siete a funkcionality sieťového rozhrania, ktoré poskytujú zariadeniam sieťové služby.



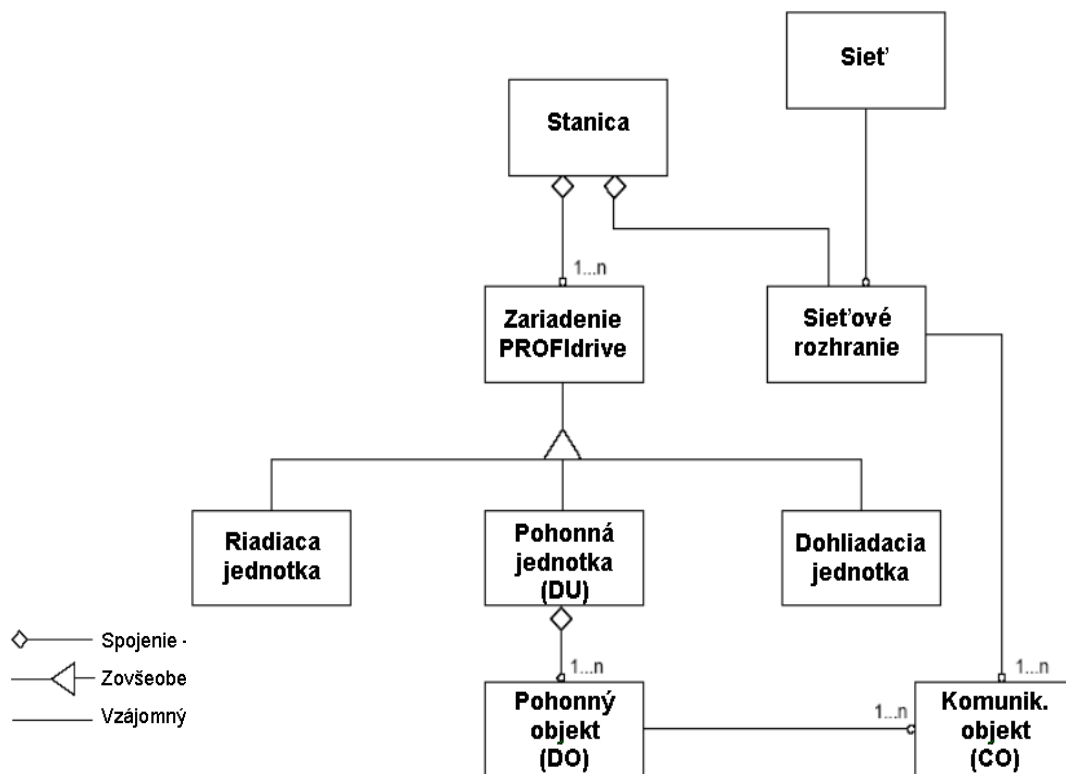
Obr.7.4 Komunikačná sieť zariadení PROFIdrive

Preto je zariadenie PROFIdrive identifikované nasledovnou adresnou informáciou:

- Sieť.
- Stanica: identifikátor stanice v rámci siete.
- Zariadenie: identifikátor zariadenia v rámci stanice.

### Objektový model

Každá stanica pozostáva zo sieťového rozhrania a jedného, alebo viacerých zariadení. Sieťové rozhranie náleží k sieti na ktorú je stanica pripojená. Zariadenia môžu byť troch typov: riadiaca jednotka, pohonná jednotka a dohliadacia jednotka. Ak je určité zariadenie typu pohonná jednotka, táto pohonná jednotka pozostáva z jedného, alebo viacerých pohonných objektov.



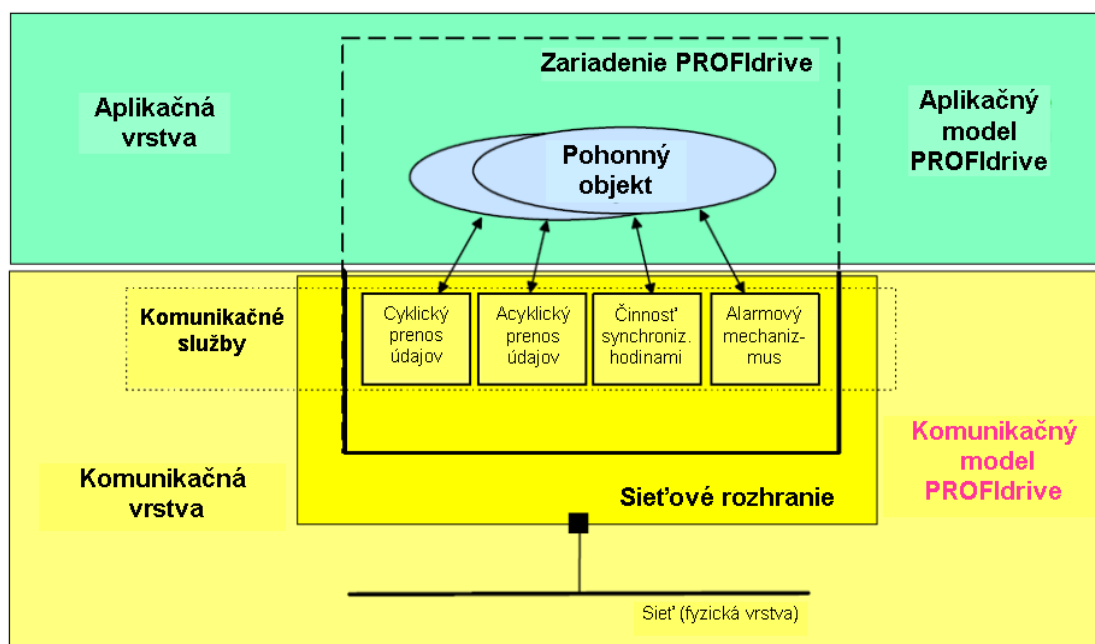
Obr. 7.5 Objektový model PROFIdrive

Navyše je definovaný tzv. komunikačný objekt. Komunikačný objekt predstavuje adresovateľný koncový bod komunikácie komunikačného systému.

Na Obr. 7.5 sú znázornené vzťahy medzi objektmi objektového modelu PROFIdrive.

### Vrstvový model zariadenia PROFIdrive

Rozdelenie objektov podľa aplikácie a komunikácie vedie k vrstvovému modelu na Obr. 7.6. Aplikačná vrstva obsahuje len funkčné aspekty automatizovaného systému, ktoré sú nezávislé na rozložení funkčných elementov vo fyzických staniciach a zariadeniach. Aspekt distribuovanosti je reprezentovaný komunikačnou vrstvou, ktorá reprezentuje fyzické prvky siete a rozloženie funkčných objektov v nich.



Obr. 7.6 Vrstvový model PROFIdrive

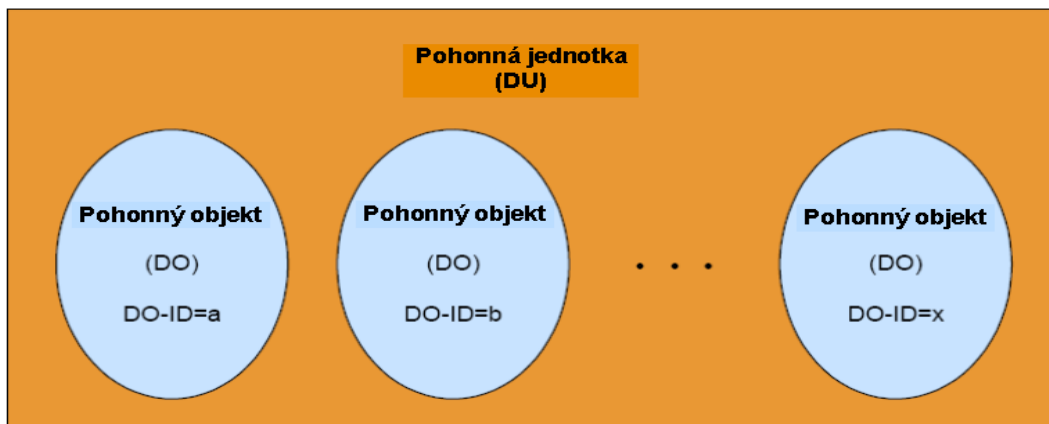
### Komunikačné služby

Model PROFIdrive definuje štyri komunikačné služby.

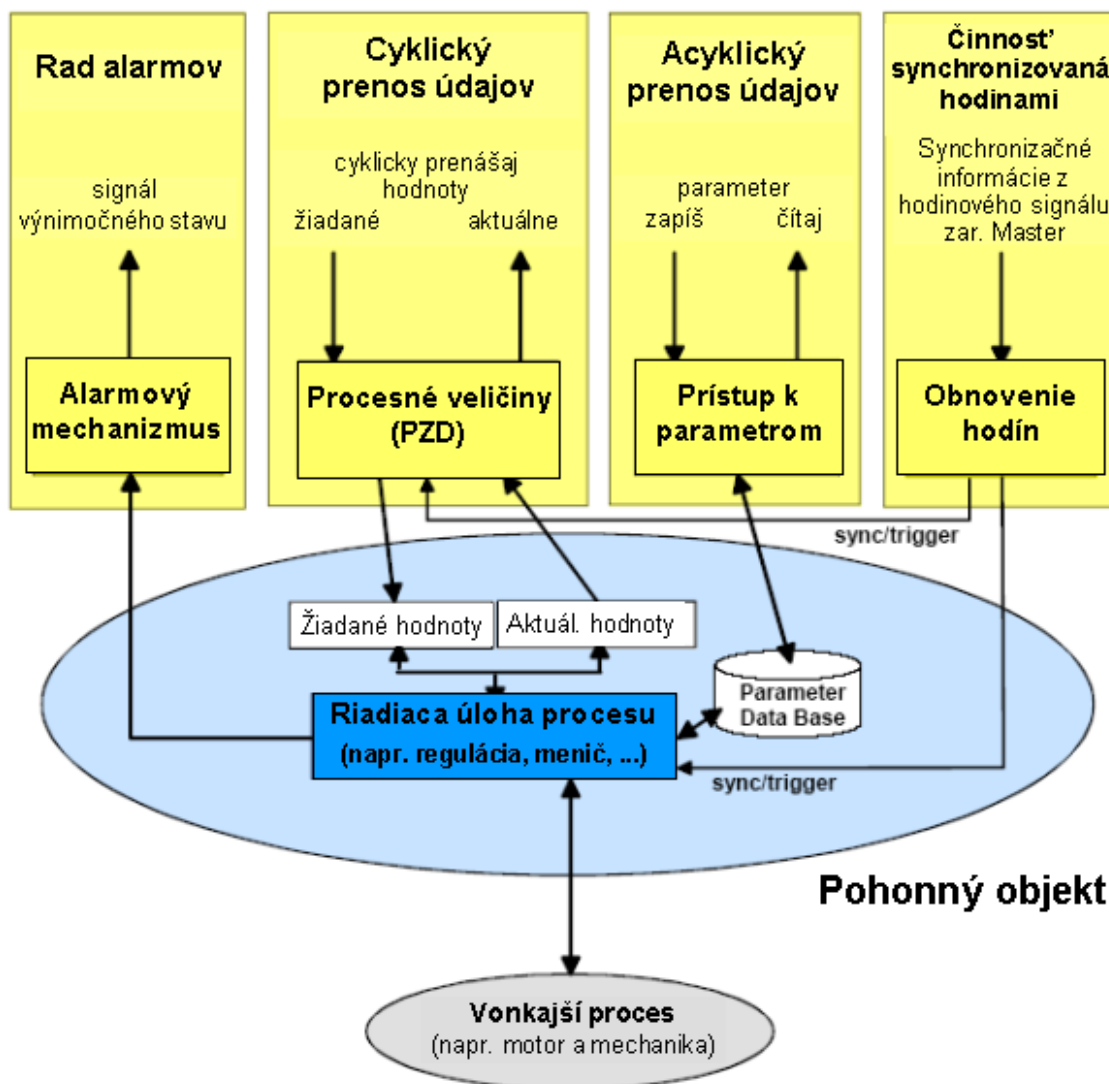
- *Cyklický prenos údajov.* Cyklická komunikácia znamená jednoduchý prenos údajov definovanej dĺžky vo vyhradenom časovom slotе (intervale). Pri cyklickej komunikácii sa prenášajú časovo kritické procesné veličiny medzi riadiacou jednotkou a zariadením, alebo medzi zariadeniami. Typickým reprezentantom takýchto veličín sú hodnoty žiadanej veličiny, aktuálna hodnota meranej veličiny, riadiaca a stavová informácia. Služba pre cyklický prenos údajov sa používa pri komunikácii *Riadiaca jednotka – Pohonná jednotka* a *Pohonná jednotka – Pohonná jednotka*.
- *Acyklický prenos údajov.* V porovnaní s cyklickým prenosom údajov, sa údaje prenášajú acyklicky len v prípade potreby. Pri acyklickej komunikácii sa prenášajú údaje, ktoré nie sú časovo kritické, napríklad zavádzanie mikroprogramu (firmware), alebo parametrov. Služba pre acyklický prenos údajov sa uplatňuje pri prenose *Riadiaca jednotka – Pohonná jednotka*, *Dohliadacia jednotka – Pohonná jednotka*.
- *Alarmový mechanizmus.* Táto služba v reálnom čase na riadiacom zariadení signalizuje alarmové informácie, t.j. informácie týkajúce sa alarmov a výnimočných stavov. Pomocou tejto služby dokáže riadiaca jednotka reagovať na okamžitú udalosť v pohone veľmi rýchlo, bez toho aby bolo nutné trvale žiadať o stavovú informáciu pohonu.
- *Synchronizácia hodín.* Táto služba zaručuje súčasné spustenie úloh na rôznych komunikačných zariadeniach, alebo funkčných objektoch, s minimálnou časovou neistotou (jitter). V oblasti pohonov je synchronizácia hodín základom pre synchronizáciu pohonov.

### Model pohonu

PROFIdrive špecifikuje tzv. pohonú jednotku obsahujúcu jednu, alebo viacero tzv. pohonných objektov (viď Obr.7.7). Pohonný objekt určitej pohonnej jednotky je identifikovaný pomocou identifikátora pohonného objektu (DO-ID), ktorý je priradený každému pohonnému objektu z danej pohonnej jednotky.



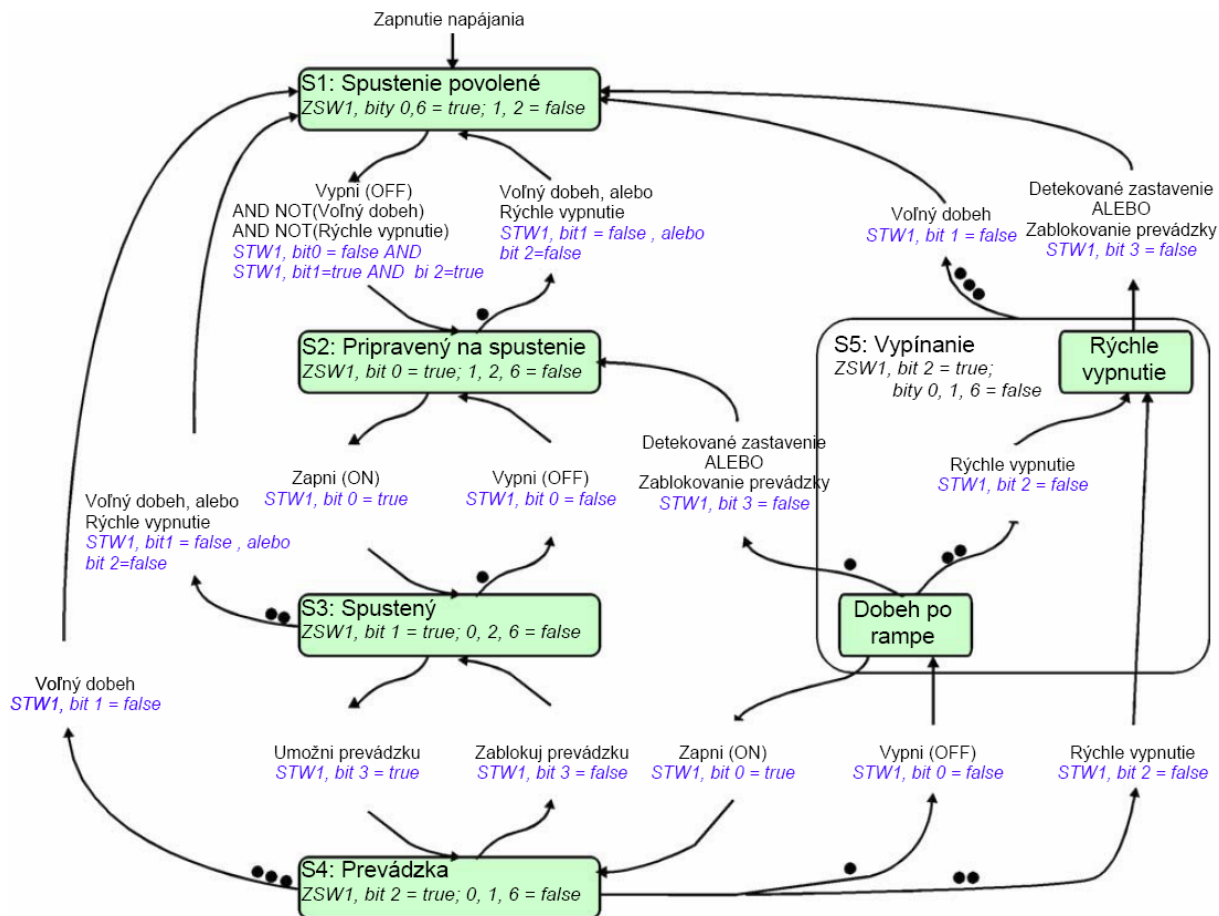
Obr.7.7 Všeobecný model pohonnej jednotky



Obr.7.8 Architektúra všeobecného pohonného objektu



Na Obr.7.10 je všeobecný stavový automat pohonného objektu typu Axis pre všetky režimy činnosti. Zelené bloky predstavujú stavy, šípky reprezentujú prechody.



Obr.7.10 Všeobecný stavový diagram pohonného objektu typu Axis

Z viacerých stavov je možných niekoľko prechodov, ktoré majú vyznačenú prioritu bodkami. Čím viac bodiek má určitý prechod, tým má vyššiu prioritu. Podobne prechod bez bodiek má najnižšiu prioritu.

Vo všeobecnom stavovom diagrame nie sú znázornené vnútorné podmienky pohonu. Vnútorné signály môžu ovplyvniť prechody.

### Komunikačné zariadenia pre PROFIdrive na sieťach PROFIBUS DP a PROFINet

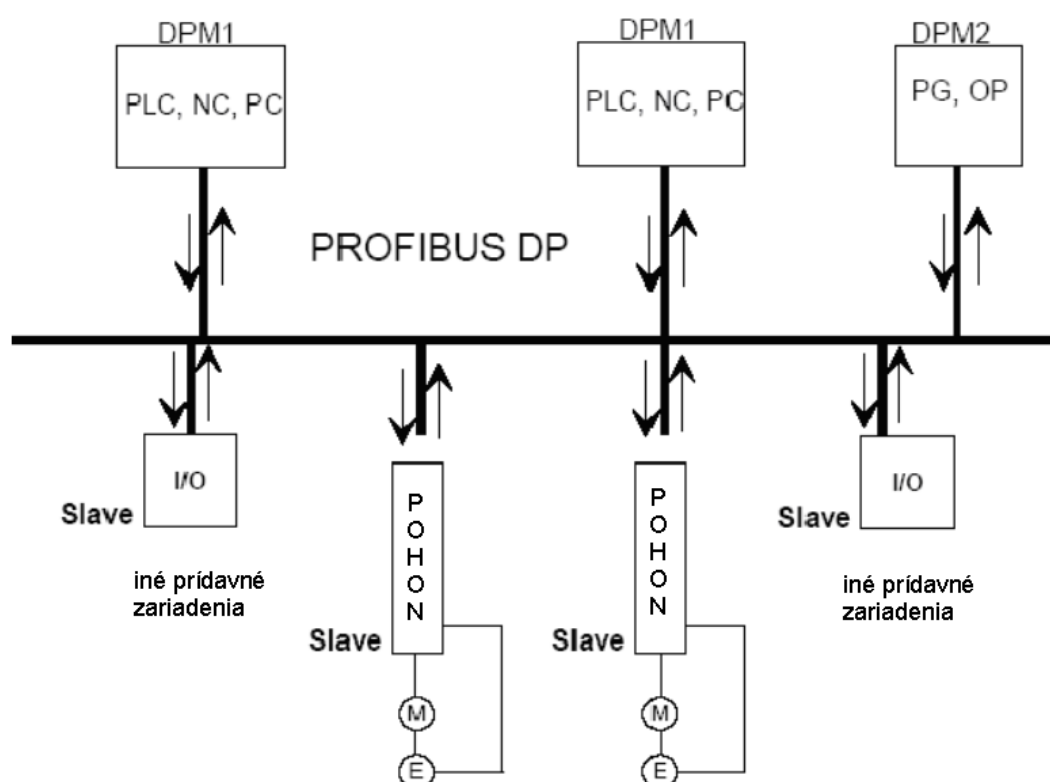
Zariadenia PROFIdrive reprezentované objektmi sietí PROFIBUS DP a PROFINet podľa tabuľky 2.

Na Obr.7.11 je príklad použitia zariadení PROFIdrive na priemyselnej komunikačnej zbernici PROFIBUS DP.

Tabuľka 2

## Reprezentácia zariadení PROFIdrive na sieťach PROFIBUS DP a PROFINet

Zariadenie PROFIdrive	Zariadenie PROFIBUS DP	Zariadenie PROFINet	Príklad
Riadiaca jednotka	PROFIBUS DP Master Class I	PROFINet IO Controller	PC, PLC, NC
Pohonná jednotka	PROFIBUS DP Slave	PROFINet IO Device	Frekvenčný menič
Dohliadacia jednotka	PROFIBUS DP Master Class II	PROFINet IO Supervisor	PG, OP <sup>1</sup>



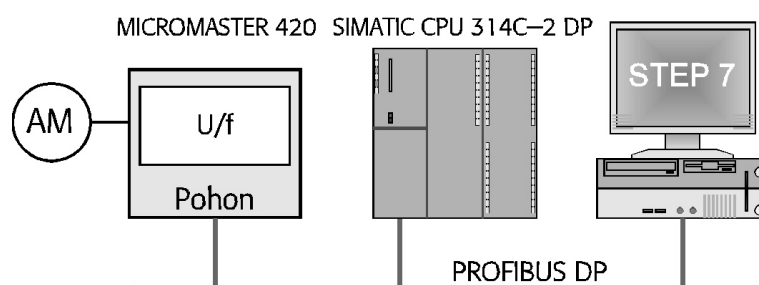
Obr. 7.11 Zariadenia zbernice PROFIBUS DP v systéme s PROFIdrive

Pomocou komunikačných služieb zbernice PROFIBUS DP je možné implementovať cyklický aj acyklický prenos údajov, synchronizáciu komunikujúcich zariadení a vzájomnú komunikáciu medzi pohonmi. PROFIBUS DP neumožňuje implementovať alarmový mechanizmus PROFIdrive. Diagnostika a ošetrovanie porúch sú realizované prístupom k parametrom pohonného objektu a prístupom k stavovým/riadiacim slovám pohonu.

<sup>1</sup> Programovacie zariadenie a pracovisko operátora.

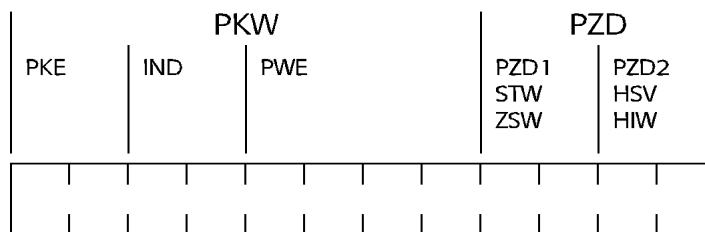
### 7.3 Príklad aplikácie komunikačného profilu PROFIdrive pri ovládaní frekvenčného meniča z PLC

Na záver je uvedený príklad spôsobu komunikácie na základe komunikačného profilu PROFIdrive v systéme na Obr.7.12. PLC SIMATIC<sup>2</sup> vystupuje vo funkcii riadiacej jednotky a ako pohon slúži frekvenčný menič MICROMASTER 420 so skalárnym frekvenčne napäťovým riadením asynchrónneho motora. Do meniča nevstupuje signál zo snímača rýchlosti, alebo polohy hriadeľa motora. Komunikačný modul frekvenčného meniča pre PROFIBUS DP má implementované funkcie komunikačného profilu PROFIdrive V2.0 a 3.0.



Obr.7.12 Prepojenie frekvenčného meniča a PLC priemyselnou komunikačnou zbernicou PROFIBUS DP

Úlohou je prostredníctvom PROFIBUS DP ovládať činnosť frekvenčného meniča, zadávať žiadanú frekvenciu napájacieho napätia asynchrónneho motora, monitorovať stav meniča a aktuálnu napájaciu frekvenciu motora.



STW – riadiace slovo meniča, ZWS – stavové slovo meniča  
 HSW – akčná veličina (žiadaná frekvencia)  
 HIW – hlavná meraná veličina (aktuálna frekvencia)

Obr.7.13 Štruktúra objektov na prenos parametrov a procesných veličín (PPO = Parameter Prozessdaten Objekt)

Frekvenčný menič má (v súlade so špecifikáciou PROFIdrive V2.0 a 3.0) definované objekty na prenos parametrov a procesných veličín. Ich štruktúra je na Obr.7.13. Činnosť meniča je možné ovládať prostredníctvom oblasti PZD o dĺžke 4 bajty, ktoré je možné zapisovať do komunikačného modulu meniča (resp. čítať z neho). Oblasť PKW (Parameter Kennung Wert) je určená na čítanie a zápis hodnôt parametrov frekvenčného meniča.

Správanie frekvenčného meniča je opísané stavovým diagramom na Obr.7.10. Stav meniča sú signalizované hodnotami určitých bitov stavového slova. Prechody medzi stavmi je možné dosiahnuť vysielaním riadiacich slov do meniča. Pri spúšťaní a

<sup>2</sup> PLC je v tomto prípade vybavený procesorovou jednotkou CPU 314C-2 DP s integrovaným rozhraním PROFIBUS DP.

vypínaní meniča dochádza k prechodom v stavovom diagrame. To znamená, že riadiaci program musí generovať vhodnú postupnosť riadiacich slov (STW), ktoré zabezpečia prechod do cieľového stavu v stavovom diagrame. Tieto riadiace slová sú vytvárané podľa aktuálneho stavu, ktorý je možné zistiť zo stavového slova (ZSW). Význam bitov stavového a riadiaceho slova je daný špecifikáciou PROFIdrive, pričom niektoré bity nemajú predpísanú funkciu. Nejde však o bity, ktoré slúžia na identifikáciu, alebo zmenu stavu.

Programová aplikácia PLC pre systém na Obr.7.12, bola vytvorená v prostredí STEP 7 a na komunikáciu s frekvenčným meničom boli použité funkcie SFC14, SFC15 z knižnice „Standard Library“ STEP 7.

## 7.4 Súhrn

Pre aplikácie riadenia pohybu je vytvorených niekoľko komunikačných profilov, z ktorých každý je súčasťou určitého (alebo niekoľkých) priemyselného komunikačného systému na báze priemyselnej komunikačnej zbernice, alebo priemyselného Ethernetu. Vďaka tejto rozmanitosti komunikačných profilov môže dochádzať k problémom pri integrácii systému, pretože napríklad riadiaca jednotka nemusí podporovať priemyselnú komunikačnú zbernicu, ktorá je implementovaná v určitom špeciálnom pohone. Preto vznikla požiadavka o štandardizáciu pri integrácii elektrických pohonov do automatizovaného výrobného systému, ktoré vyústili v príprave normy IEC 61800-7 opisujúcej všeobecné rozhranie medzi automatizovaným systémom a pohonnými systémami. Toto rozhranie má byť implementované na úrovni riadiacej jednotky integrovanej v pohone, alebo komunikujúcej s pohonmi cez priemyselnú komunikačnú zbernicu, alebo priemyselný Ethernet a má byť schopné zabezpečiť komunikáciu s existujúcimi pohonmi na základe vyššie uvedených komunikačných profilov pre riadenie pohybu.

## 7.5 Literatúra

- [1] Benzi, F., Buja, G.S., Felser, M.: Communication Architectures for Electrical Drives. IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 1, No. 1, Feb. 2005.
- [2] Bélai, I.: Komunikácia v priemyselnej automatizácii (7). AT&P Journal, roč. 14, č. 10, 2007, str. 81-82.
- [3] Chaffee, M, Hirschinger, B.: Ethernet/IP Motion Receives Top Priority. The Industrial Ethernet Book, Issue 32, May 2006. <http://ethernet.industrial-networking.com/articles/articles.asp>
- [4] PNO: PROFIdrive – Profile Drive Technology, V3.0. PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. September 2000.
- [5] PNO: Profile Drive Technology – PROFIdrive, Technical specification, V4.0. PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. August 2005.

- [6] Zeltwanger, H.: Using The CANopen Application Layer and Profiles under Ethernet. The Industrial Ethernet Book, Issue 31, March 2006. <http://ethernet.industrial-networking.com/articles/articles.asp>

## 7.6 Kontrolné otázky

1. Aké sú požiadavky na prenos údajov v systémoch riadenia pohybu?
2. Aké typy komunikačných zariadení špecifikuje komunikačný profil PROFIdrive?
3. Ktoré z komunikačných zariadení PROFIdrive musia byť schopné komunikovať cyklicky?
4. Aké komunikačné služby definuje model PROFIdrive?
5. Uved'te priradenie komunikačných zariadení PROFIdrive zariadeniam PROFIBUS DP a PROFINet