



Počet strán:
Počet príloh:

Evidenčné číslo:
Výtlačok č.:

NÁVOD NA OBSLUHU

MANIPULAČNÉ RAMENO KV-01

	Titul meno a priezvisko	Dátum	Podpis
Vypracovali:	Ing. Peter Stopko		
Schválil:			

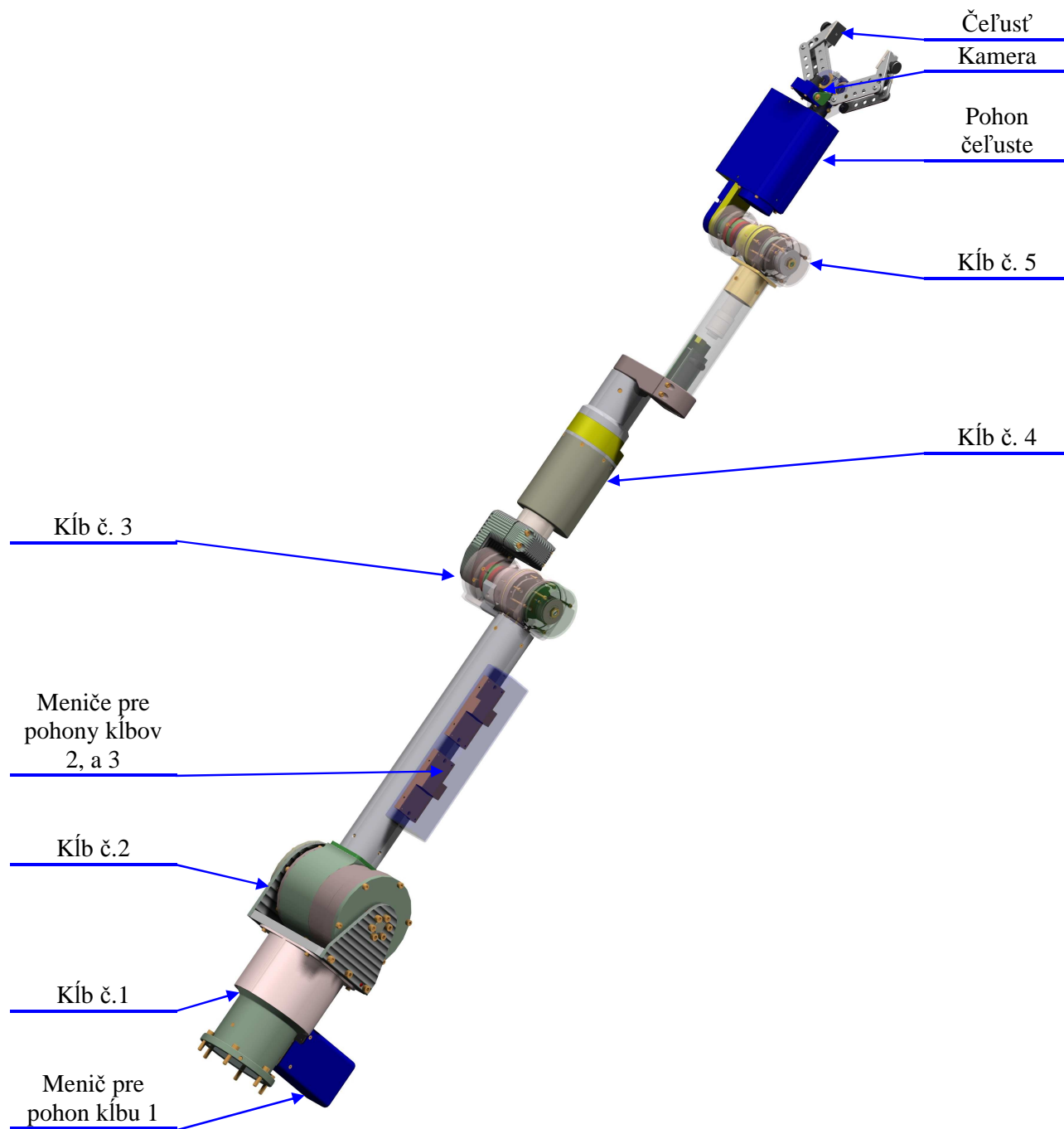
Dátum schválenia:

OBSAH

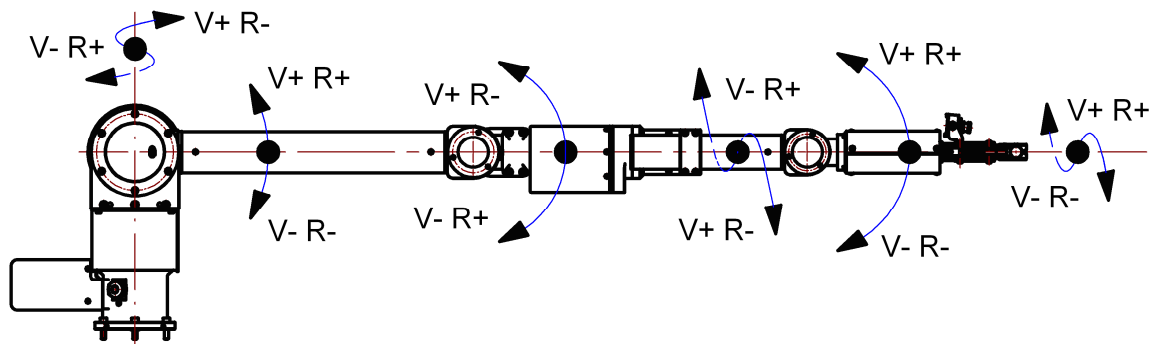
1	RAMENO KV-01.....	3
1.1	POPIS KOMPONENTOV RAMENA.....	3
1.2	SMERY OTÁČANIA KLBOV RAMENA	4
1.3	KV-01 MODUL KOMUNIKAČNÉHO A NAPÁJACIEHO ROZHRANIA	4
1.4	KOMUNIKAČNÝ MODUL	5
1.5	LIMITY NATOČENIA KLBOV	5
2	KOMUNIKAČNÝ PROTOKOL	5
2.1	ŠTANDARDNÁ SPRÁVA.....	6
2.2	SKRÁTENÁ SPRÁVA.....	6
2.3	BEZPEČNOSTNÝ KOMUNIKAČNÝ TIMEOUT	6
2.4	PRÍKAZ D0 – KOMUNIKÁCIA S MENIČOM FAULHABER	6
2.5	PRÍKAZ D1 – BRZDA, KONCOVÝ SPÍNAČ	7
2.5.1	Postup vychádzania z mimopracovnej polohy.....	8
2.5.2	Odpovede na príkaz D0 v mimopracovnej zóne	8
2.6	PRÍKAZ D1 PRE MENIČ ČÍSLO 6 (ČEEUSŤ)	9
2.7	PRÍKAZ D2 – ZRÝCHLENÁ SPRÁVA.....	9
2.8	PRÍKAZ D3 – RESOLVER	9
2.9	PRÍKAZ D4 – VYČÍTANIE NAPÄTÍ.....	9
2.10	PRÍKAZ D5 – OTVÁRANIE/ZATVÁRANIE ČELUSTE.....	10
2.11	VÝPOČET CRC.....	10

1 RAMENO KV-01

1.1 Popis komponentov ramena



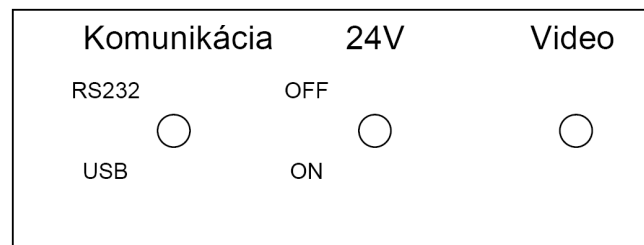
1.2 Smery otáčania kĺbov ramena



Kvôli mechanickému usporiadaniu pohonov a prevodoviek jednotlivých kĺbov ramena je potrebné zadávať rýchlosti pohonov „V“ jednotlivých kĺbov s polaritou naznačenou na vyššie uvedenom obrázku. Poloha resolvera sa pri otáčaní kĺbu mení s naznačenou polaritou „R“. Popis zadávania rýchlostí pohonov je uvedený v kapitole 2.4.

1.3 KV-01 modul komunikačného a napájacieho rozhrania

K ramenu KV-01 je dodané aj komunikačné a napájacie rozhranie. Na zadnom paneli rozhrania je konektor pre pripojenie ramena KV-01 a svorkovnica pre pripojenie jednosmerného napájacieho napätia 24V/10A. Na prednom paneli sú dva komunikačné konektory, USB a RS232. Dve LED diódy na prednom paneli indikujú komunikáciu cez USB. Na vrchnej časti rozhrania sú dva prepínače a konektor pre pripojenie monitora:

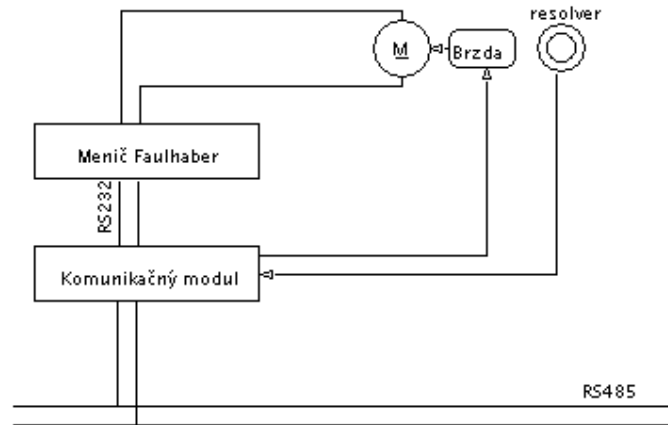


Prepínačom „Komunikácia“ sa prepína komunikačné rozhranie riadiaceho počítača, ktorým komunikuje počítač s ramenom (RS232 alebo USB). Ak je prepínač „24V“ v polohe „OFF“, a zároveň je k rozhraniu pripojené napájanie 24V, rameno KV-01 má odpojenú silovú časť napájania. Funguje len prenos videosignálu z kamery na konci čeluste, dá sa komunikovať s komunikačnými modulmi kĺbov (vyčítanie polohy, napätí...), ale meniče pohonov sú odpojené od napájania. Prepnutím prepínača „24V“ do polohy „ON“ sa po krátkej pauze pripojí k ramenu aj silové napájanie. V prípade potreby je možné prepínačom „24V“ okamžite odpojiť silové napájanie ramena prepnutím do polohy „OFF“.

BNC konektor „Video“ slúži na pripojenie monitora so štandardným videovstupom.

1.4 Komunikačný modul

Každý kĺb ramena KV-01 má jeden pohon riadený meničom Faulhaber, a jeden komunikačný modul, ktorý komunikuje s meničom Faulhaber a nadriadeným riadiacim systémom (PC). Bloková schéma jedného kĺbu je na nasledujúcom obrázku:



Komunikačný modul prenáša dáta z nadriadeného riadiaceho systému do meniča Faulhaber a naopak, meria absolútnu polohu kĺbu, ovláda brzdu motora kĺbu a meria pracovné napätia komunikačného modulu.

1.5 Limity natočenia kĺbov

Kĺby ramena KV-01 číslo 1, 2, 3 a 5 majú mechanické limity natočenia zabezpečené koncovými spínačmi. Limity natočenia je vhodné softvérovo obmedziť, podľa nasledujúcej tabuľky, aby kĺby zbytočne nezachádzali do polohy koncových spínačov. Ofset polohy resolvera je daný mechanickým uložením rotora resolvera pri montáži kĺbu. Ofset polohy sa mení pri demontovaní, a opätovnej montáži rotora (napr.: servisný zásah). Komunikačný modul kĺbu posielá hodnotu polohy resolvera bez korekcie ofsetu. Hodnoty ofsetov v tabuľke boli určené pre polohu ramena natočeného dopredu a zdvihnutého smerom hore (obdobne ako na obrázku na str.3).

Číslo kĺbu	Ofset polohy [°]	Limit horný [°]	Limit spodný [°]
1	-81,85	120	-120
2	190,577	90	-90
3	91,962	132	-132
4	-102,549	—	—
5	252,451	135	-135
6	310,593	—	—

2 KOMUNIKAČNÝ PROTOKOL

2.1 Štandardná správa

Správa odosielaná do ramena KV-01, a správa odosielaná z ramena má vždy nasledujúci formát:

ADRESA	DĹŽKA	PRÍKAZ	DÁTA	CRC	END
--------	-------	--------	------	-----	-----

- ADRESA – adresa komunikačného modulu (KM). KM ramena KV-01 majú adresy od 0xE1 po 0xE6.
- DĹŽKA – počet všetkých bajtov správy
- PRÍKAZ – príkazy pre KM sú opísané nižšie
- DÁTA – dáta pre príkaz. Nie každý príkaz obsahuje aj dáta
- CRC – vypočítané podľa kapitoly 2.11
- END – koncový znak 0xF0

V ďalšom texte bude tento formát správy nazývaný „štandardná správa“.

Dáta vysielané do komunikačných modulov kľbov ramena nesmú nikdy obsahovať znak 0xF0 na inej pozícii ako je pozícia koncového znaku. Komunikačný modul, ktorý prijíme znak 0xF0 na zlej pozícii, vyhodnotí prijatú správu za nekorektnú, a s veľmi malou pravdepodobnosťou môže nastať nepredvídateľná reakcia komunikačného modulu ktorej riešením je len vypnutie a opätovné zapnutie napájacieho napätia ramena.

Ak uvažujeme, že dáta vysielané do komunikačných modulov sú v súlade s komunikačným protokolom, jediným miestom kde sa môže vyskytnúť znak 0xF0 je pozícia CRC. To je ošetrené úpravou opísanou v kapitole 2.11.

2.2 Skrátená správa

Okrem štandardnej správy môže ktorýkoľvek komunikačný modul odpovedať za určitých podmienok skrátenou štvorbajtovou správou. Prvým bajtom skrátenej správy je adresa odpovedajúceho modulu, nasledujú dva znaky odpovede, a posledným znakom skrátenej správy je koncový znak 0xF0. Rameno KV-01 môže poslať dva typy skrátenej správy. A to “UC” a “TO”.

2.3 Bezpečnostný komunikačný timeout

Po prijatí prvej korektnej správy musí komunikačný modul kľbu prijať ďalšiu korektnú správu za čas menší ako 700ms. V opačnom prípade sa zablokuje menič Faulhaber, a zabrzdí sa motor kľbu. Na akúkoľvek ďalšiu korektnú správu odpovie komunikačný modul skrátenou štvorbajtovou správou “TO“ (*TimeOut*).

2.4 Príkaz D0 – komunikácia s meničom Faulhaber

Dáta príkazu D0 sú preposlané do meniča Faulhaber. Odpoveď meniča Faulhaber je preposlaná v štandardnej správe komunikačného modulu. Správy posielané do meniča Faulhaber a taktiež z neho prijaté sú opísané v manuále k meničom Faulhaber, ktorý je prílohou tohto manuálu. Z dôvodu zníženia počtu prenášaných bajtov po RS485 boli koncové znaky v správach uvedených v manuále k meničom Faulhaber vynechané a nesmú sa zadávať.

Príklad: poslanie príkazu EN do meniča Faulhaber

Správa odoslaná do KM: E2 07 D0 45 4E 20 F0
Odpoveď KM: E2 07 D0 4F 4B B5 F0

Komunikačný modul prepošle do meniča Faulhaber reťazec "EN", menič Faulhaber odpovie reťazcom "OK", ktorý je v štandardnej správe preposlaný ako odpoveď komunikačného modulu..

V prípade, že komunikačný modul prijme korektnú správu s príkazom D0, ale bez dát, odpovie komunikačný modul skrátenou štvorbajtovou správou "UC" (*Unknown Command*).

Ak menič Faulhaber neodpovie komunikačnému modulu v stanovenom čase, komunikačný modul odpovie reťazcom "TIMEOUT" v štandardnej správe.

2.5 Príkaz D1 – brzda, koncový spínač

Pohony kĺbov ramena sú vybavené elektromechanickými brzdami (okrem kĺbu 6 - čeluste) a kĺby 1, 2, 3 a 5 sú vybavené bezpečnostnými koncovými spínačmi.

Pre odbrzdenie motora kĺbu je potrebné poslať ako dáta príkazu D1 bajt 0xB1, napríklad pre odbrzdenie motora kĺbu 2 je potrebné poslať do komunikačného modulu kĺbu 2 takúto správu: E2 06 D1 B1 50 F0, komunikačná jednotka odpovie v nasledujúcom tvare: E2 06 D1 08 E0 F0. Dátami odpovede na príkaz D1 je jeden stavový bajt (napr. 0x08) s takouto štruktúrou:

MSB	6.	5.	4.	3. bit	2. bit	1. bit	LSB
0	0	0	0	Odbrzdené	Limit switch	LSSTOP	Obmedzený režim

Nultý bit dátového bajtu indikuje obmedzený režim meniča (opísaný nižšie), prvý bit indikuje stav komunikačného modulu kedy komunikačný modul filtruje správy pre menič Faulhaber obsahujúce nastavenie rýchlosti motora. Tretí bit indikuje zatlačenie koncového spínača. Štvrtý bit indikuje odbrzdenie motora kĺbu.

Pre zabrzdenie motora kĺbu je potrebné poslať v štandardnej správe s príkazom D1 dátový bajt 0xB0.

Upozornenie!

Pred odbrzdením motora akéhokoľvek kĺbu ramena je potrebné príkazom EN pre menič Faulhaber povoliť otáčkovú reguláciu pohonu kĺbu. V opačnom prípade hrozí vplyvom gravitačnej sily po odbrzdení samovoľné pohnutie ramena a možné mechanické poškodenie ramena.

Príklad odbrzdenia motora kĺbu 2:

Správa pre komunikačnú jednotku	Odpoveď komunikačnej jednotky
E2 07 D0 45 4E 20 F0	E2 07 D0 4F 4B B5 F0
E2 06 D1 B1 50 F0	E2 06 D1 08 E0 F0

Ak sa počas normálnej prevádzky dostane kĺb mimo pracovnej oblasti a zopne sa koncový spínač, komunikačný modul okamžite zakáže činnosť meniča Faulhaber a zabrzdí motor kĺbu. Zároveň nastaví komunikačná jednotka príznakový bit LSSTOP. V tomto stave je možné

normálne komunikovať s komunikačnou jednotkou a aj s meničom Faulhaber avšak príkazy pre nastavenie rýchlosti budú ignorované (napr.: V320 v štandardnej správe s príkazom D0).

2.5.1 Postup vychádzania z mimopracovnej polohy

Ak sa kĺb ramena dostane mimo pracovnú oblasť, je potrebné do komunikačného modulu odoslať štandardnú správu s príkazom D1, a dátovým bajtom 0xA1. Komunikačný modul sa dostane do obmedzeného režimu v ktorom je možné po povolení meniča Faulhaber a následnom odbrzdení motora pohybovať rýchlosťou motora maximálne +/- 399 ot./min. Touto rýchlosťou je možné sa pomaly a pod kontrolou dostať z mimopracovnej zóny. Toto obmedzenie rýchlosti bolo zavedené z nasledujúceho dôvodu. Mimopracovná zóna je detekovaná iba jedným koncovým spínačom, takže nie je možné priamo určiť z ktorej strany sa rameno do zóny dostalo a teda ani smer ktorým sa zo zóny opäť dostane. Preto bola rýchlosť limitovaná aby sa zabezpečil dostatočný časový priestor na reakciu obsluhy v prípade chybného zadania smeru pri vychádzaní z mimopracovnej zóny.

Ak je druhý indikačný bit odpovede nulový (Limit switch), rameno sa nachádza už v pracovnej zóne a môžeme v štandardnej správe s príkazom D1 poslať dátový bajt 0xA0. Týmto sa komunikačný modul dostane do normálneho pracovného režimu.

Upozornenie:

V prípade, že by z akýchkoľvek príčin zlyhal komunikačný modul je meničom Faulhaber vykonávaná nezávislá programová sekvencia kontrolujúca stav koncového spínača. Programová sekvencia meniča Faulhaber automaticky nuluje rýchlosť otáčania motora, pokiaľ je zopnutý koncový spínač.

Ak je komunikačná jednotka v poriadku, a rameno sa nachádza v mimopracovnej zóne je vyššie spomínaná funkcia meniča Faulhaber nežiaduca. Preto je možné ju počas vychádzania z mimopracovnej zóny vypnúť zaslaním reťazca "DIPROG" v štandardnej správe s príkazom D0. Po vyjdení z mimopracovnej zóny je z ochranných dôvodov potrebné opäť povoliť vykonávanie programovej sekvencie zaslaním reťazca "ENPROG" v rovnakej správe.

2.5.2 Odpovede na príkaz D0 v mimopracovnej zóne

Ak sa kĺb nachádza v mimopracovnej zóne, a nebol aktivovaný obmedzený režim, komunikačná jednotka blokuje správy pre menič Faulhaber nastavujúce rýchlosť, a odpovedá štandardnou správou s dátami "LSSTOP". Po aktivovaní obmedzeného režimu sú komunikačnou jednotkou prenesené do meniča Faulhaber len správy nastavujúce rýchlosť od -399 ot./min do 399 ot./min. Správy nastavujúce nižšiu, alebo vyššiu rýchlosť nebudú do meniča Faulhaber prenesené, a komunikačná jednotka odpovie reťazcom "LIMVAL" v štandardnej správe.

Poznámka:

Kĺb č. 4 nie je mechanicky obmedzený ($\infty \times 360^\circ$), preto sa nemôže dostať do mimopracovnej zóny a tak preň predošle obmedzenia, príkazy a postupy nemajú opodstatnenie.

2.6 Príkaz D1 pre menič číslo 6 (čelúšť)

Čelúšť ramena KV-01 má dva pohony. Pohon na otáčanie čelúste, a pohon na otváranie čelúste. Tieto pohony nemajú elektromechanické brzdy, preto je príkaz D1 pre čelúšť odlišný ako príkaz D1 pre ostatné kĺby ramena. Príkazom D1 pre čelúšť je možné povoliť, alebo zakázať prúdové obmedzenie motora otvárania.

Štandardná správa s príkazom D1 adresovaná meniču číslo 6 (0xE6 - čelúšť) by mala obsahovať jeden dátový bajt. Buď 0xC0, alebo 0xC1. Dátovým bajtom 0xC0 sa vypína prúdové obmedzenie otvárania/zatvárania čelúste. Dátovým bajtom 0xC1 sa toto prúdové obmedzenie zapína. Ak je zapnuté toto prúdové obmedzenie, komunikačný modul vypne motor otvárania čelúste pri prúdovom preťažení motora trvajúcim dlhšie ako cca 2 sekundy. Pre opätovné zapnutie pohonu je potrebné nastaviť rýchlosť otvárania čelúste na 0 príkazom D5.

Odpoveďou komunikačnej jednotky je jeden dátový bajt zaslaný v štandardnej správe. Dátový bajt obsahuje tri príznakové bity stavu pohonu otvárania čelúste. Bit BRAKE indikuje stav softvérovej brzdy („1“ - odbrzdené), bit PHASE indikuje otváranie/zatváranie čelúste („1“ - otváranie) a bit LIMIT indikuje stav prúdového obmedzenia („1“ – prúdové obmedzenie zapnuté). Štruktúra tohto bajtu je nasledovná:

MSB	6.	5.	4.	3.	2. bit	1. bit	LSB
0	0	0	0	0	LIMIT	PHASE	BRAKE

2.7 Príkaz D2 – zrýchlená správa

Príkaz D2 v štandardnej správe je kombináciou príkazu D1 a D3. Dáta správy s príkazom D2 sú preposlané komunikačným modulom do meniča Faulhaber, ale odpoveďou sú dáta z resolvera, teda príkaz D3. Teda poloha kĺbu. Súčasťou odpovede na správu s príkazom D2 sú aj stavové bity príkazu D1 (popis v kapitole 2.8 - resolver).

2.8 Príkaz D3 – resolver

Odpoveďou na štandardnú správu s príkazom D3 je štandardná správa s tromi bajtami dát. V troch dátových bajtoch odpovede je 16bitový údaj o polohe kĺbu, a 4 stavové bity zhodné zo stavovými bitmi v kapitole 2.4. Štruktúra troch dátových bajtov je nasledovná:

	MSB	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	LSB
1. bajt	0	ResH.6	ResH.5	ResH.4	ResH.3	ResH.2	ResH.1	ResH.0
2. bajt	0	ResL.6	ResL.5	ResL.4	ResL.3	ResL.2	ResL.1	ResL.0
3. bajt	0	0	ResH.7	ResL.7	Odbrzdené	L. Sw	LSSTOP	Ob. režim

Odpoveďou na príkaz D3 zaslaný v štandardnej správe do komunikačného modulu čelúste je 12 bitová poloha resolvera otáčania čelúste, a stavové bity zhodné zo stavovými bitmi z kapitoly 2.5.

2.9 Príkaz D4 – vyčítanie napätí

Odpoveďou na štandardnú správu s príkazom D4 je štandardná správa so šiestimi bajtami dát. Štruktúra šesťbajtovej odpovede na príkaz D4 je nasledovná:

1. bajt	2. bajt	3. bajt	4. bajt	5. bajt	6. bajt
24V_High	24V_Low	5V_High	5V_Low	12V_High	12V_Low

Prijaté dáta je potrebné vynásobiť prepočítavacími konštantami kvôli tomu aby bol výsledok vo voltoch:

Prepočítavacia konštanta pre 24V – 0,02740234375

Prepočítavacia konštanta pre 12V – 0,01310546875

Prepočítavacia konštanta pre 5V – 0,006552734375

2.10 Príkaz D5 – otváranie/zatváranie čel'uste

Príkazom D5 v štandardnej správe zaslanej komunikačnému modulu čel'uste (0xE6) sa nastavuje rýchlosť a smer otvárania/zatvárania čel'uste. Rýchlosť a smer sa nastavuje jedným dátovým bajtom. Spodných 5 bitov dátového bajtu určuje rýchlosť, a šiesty bit určuje smer („1“ - otváranie).

Odpoveďou komunikačného modulu čel'uste na príkaz D5 je jeden bajt v štandardnej správe. V dátovom bajte odpovede je prenášané aktuálne zaťaženie motora otvárania/zatvárania čel'uste a dva stavové bity (PHASE a BRAKE - vid'. kap. 2.6). Štruktúra tohto bajtu je nasledovná:

MSB	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	LSB
0	Aktuálne zaťaženie motora					PHASE	BRAKE

2.11 Výpočet CRC

CRC pre všetky štandardné správy sa počíta podľa nasledujúcej funkcie pre pole n bajtov D[0],...,D[n] reprezentujúce znaky správy.

```

unsigned char A = 0, B=0, C=0, i=0, j = 0;
for(i=0;i<n;i++)
{
    A = D[i];
    for (k = 0; k < 8; k++)
    {
        C = A^B;
        if (C & 0x01)
            C = ((B^0x18)/2) | 0x80;
        else
            C = B/2;

        B = C;
        if (A & 0x01)
            A = (A/2) | 0x80;
        else
            A = A/2;
    }
}
CRC = B;

```

V prípade, že komunikačný modul vypočíta $CRC = 0xF0$, nahradí ho znakom $0xF1$. Táto zmena zabezpečí, že v správach sa na mieste CRC neobjaví koncový znak štandardnej správy $0xF0$. Rovnako je potrebné nahrádzať $CRC = 0xF0$ znakom $0xF1$ v správach vysielaných do komunikačného modulu.