



UNIVERZITET U SARAJEVU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU

Upravljanje električnim vozilom

PROJEKTNI ZADATAK
- DRUGI CIKLUS STUDIJA -

Student:
Vedad Halimić

Mentor:
V. prof. dr Senad Huseinbegović.

Sarajevo, novembar 2021.

Sadržaj

1	Uvod	1
1.1	Motor	1
1.2	Papučica gasa	1
1.3	Pretvarač	3
1.3.1	Pinovi energetskog pretvarača	3
1.4	Upravljanje motorom	4
1.5	Konfiguracija parametara pretvarača	7
1.6	Operacija identifikacije ugla	7
1.7	Model vozila	9
1.7.1	Jednačine kretanja	11
1.7.2	Kretanje po jednoj osi	12
1.7.3	Model gume	13
1.7.4	Određivanje sile F_X	13
	Prilozi	15
A	Instalacija dSPACE programa	16
A.1	Tekstualni i video vodič za instalaciju	16
A.2	Datoteke za instalaciju softvera	16
A.3	Kompatibilne Matlab/Simulink distribucije	16
A.4	Dodatne postavke	17
A.5	Proces instalacije dSPACE softvera	17
A.5.1	Pokretanje instalacije	17
A.5.2	Instalacija, modifikacija, brisanje i popravljanje dSPACE softvera	17
A.5.3	Instalacija dijelova programa	17
A.5.4	Summary page	18
A.5.5	Završetak instalacije	18
A.5.6	Preuzimanje i instaliranje zakrpa	18
A.6	Integracija dSPACE softvera sa Matlab/Simulink razvojnim okruženjem	19
A.7	Licenciranje i dekompcija dSPACE softvera	20
B	8000W DC Brushless Car Motor Datasheet	22
C	Control Box	26
	Literatura	28

Poglavlje 1

Uvod

U ovom radu je predstavljeno upravljanje električnim vozilom (slika 1.1) sa pogonom na sva četiri točka. Proizvođač motora je kompanija *QSMOTOR*. Snaga motora je 8000W, a standardni napon napajanja iznosi 72V. Svaki od motora je spojen na odgovarajući pretvarač/invertor. Motori su trofazni i sadrže dva seta Hallovih senzora za određivanje brzine i pozicije. Datasheet motora je dat u prilogu B, a dokumentacija pretvarača *KLS7275H* u [1]. Razvoj upravljačkog prototipa će biti realiziran pomoću dSpace sistema.

1.1 Motor

Motor je trofazni sa 16 pari polova, nominalne snage 8000W. Za mjerenje brzine i pozicije motora, dostupna su dva seta Hallovih senzora. Moguće je mjeriti i temperaturu motora pomoću temperaturnog senzora *KTY83/122*. Motor sadrži dva konektora, čiji pinovi odgovaraju pinovima na *DJ7061Y-2.3-21* konektoru energetskog pretvarača. Svaki od konektora daje informacije sa Hallovog i temperaturnog senzora.

1.2 Papučica gasa

Brzinu motora je moguće zadavati pomoću papučice gasa. Model koji je odabran ima serijski broj *JKH-005-A-65*. Prema specifikaciji proizvođača *SAYOO*, datoj u [2], dužina kabla spojenog na kočnicu iznosi 65cm. U kablu se nalazi 5 žica raspoređenih na dva konektora - jedan sa tri, drugi sa četiri žice. Raspon ulaznog i izlaznog napona papučice gasa iznosi od 0 do 5V. Ovaj element se konceptualno ponaša kao otpornik sa klizačem koji je spojen na napon napajanja. Izlazni napon otpornika ovisi o položaju klizača, odnosno u ovom slučaju - položaja papučice gasa. Pinovi, prikazani na slici (1.2), imaju funkcije date u nastavku.

- (1) - plus napon napajanja (5V)
- (2) - minus napon napajanja (0V, masa)
- (3) - izlazni napon
- (4) - izlazni kontakt prekidača
- (5) - ulazni kontakt prekidača



Slika 1.1: Električno 4x4 vozilo

JKH-□□5-A		
1 Red		
2 Black		
3 Green		
	DJ7031-6.3-21	DJ7021-6.3-21
	Port definition	Wiring diagram
Blue	5-Switch input	
Yellow	4-Switch output	
Green	3-Hall output signal	
Black	2-GND	
Red	1-Hall input voltage	

Slika 1.2: Pinovi papučiće gasa

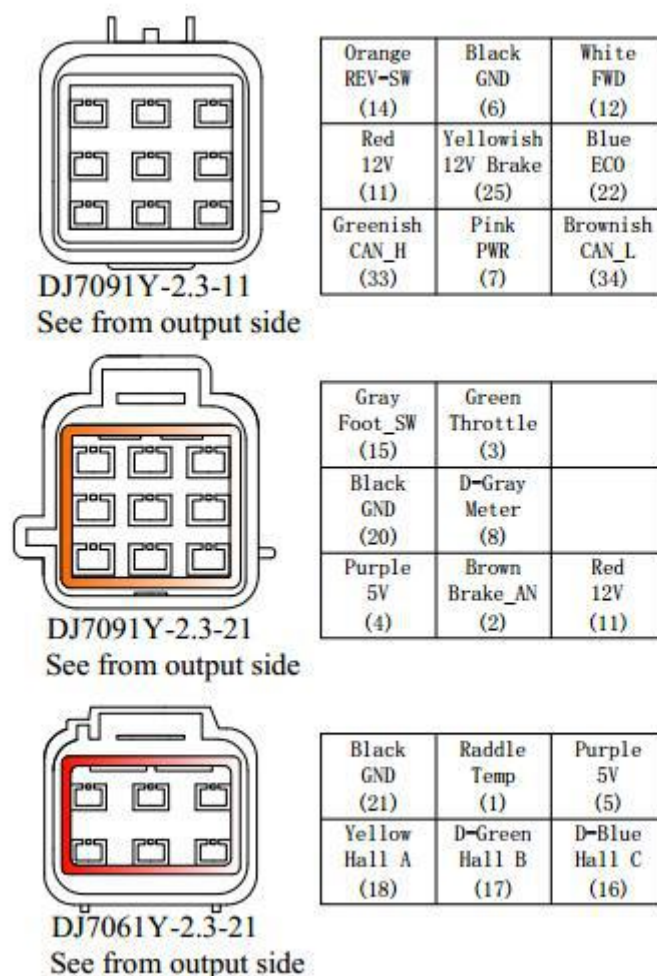
1.3 Pretvarač

Energetski pretvarač *KLS7275H* proizvođača *Kelly* sadrži 5 digitalnih ulaza: prekidače za gas i kočnicu, prekidače za kretanje naprijed i nazad, te prekidač za *boost* način rada. Dostupna su 3 analogna ulaza: gas, kočnica i temperatura motora. Opseg ulaznog napona može varirati od 0 do 5V. Za upravljanje je moguće koristiti i palicu (*engl. joystick*), pri čemu pozicija palice određuje zadanu brzinu i smjer kretanja. *Cruise* režim rada, koji je također dostupan, podrazumijeva zadržavanje zadane brzine vrtnje motora sve dok se ne zada nova brzina ili aktivira kočnica. Pretvarač podržava povezivanje putem *CAN* mreže.

1.3.1 Pinovi energetskog pretvarača

KLS7275H kontroler posjeduje tri konektora prikazana na slici (1.3) i 22 pina. Pored standardnih pinova za napajanje, pretvarač posjeduje pinove za prikupljanje informacija sa motora (Hallow senzor i temperaturni senzor), kao i pinove za definiranje smjera i brzine vrtnje motora. Žica spojena na odgovarajući pin je označena jedinstvenom bojom i brojem. Funkcije pinova su date u nastavku.

- Konektor *DJ7091Y-2.3-11*
 - (14) REV-SW - prekidač za kretanje nazad
 - (6) GND - minus napona napajanja, povratni signal, masa
 - (12) FWD - prekidač za kretanje naprijed
 - (11) 12V - naponski izvor od 12V
 - (25) 12V Brake - ručna kočnica
 - (22) ECO - prekidač za štedljivi način rada
 - (33) CAN-H - *high* pin za CAN komunikaciju
 - (7) PWR - plus napona napajanja pretvarača
 - (34) CAN-L - *low* pin za CAN komunikaciju
- Konektor *DJ7091Y-2.3-21*
 - (15) FOOT-SW - prekidač za gas
 - (3) Throttle - analogni ulaz za gas (0 – 5V)
 - (20) GND - minus napon napajanja, povratni signal, masa
 - (8) Meter - kopija signala sa Hallowog senzora
 - (4) 5V - naponski izvor od 5V
 - (2) Brake-AN - *boost* funkcija ili analogni ulaz za regenerativni tip kočenja
 - (11) 12V - naponski izvor od 12V
- Konektor *DJ7061Y-2.3-21*
 - (21) GND - minus napon napajanja, povratni signal, masa
 - (1) Temp - temperatura motora
 - (5) 5V - naponski izvor od 5V



Slika 1.3: Pinovi Kelly KLS7275H pretvarača

- (18) Hall A - signal Hallovog senzora za fazu A
- (17) Hall B - signal Hallovog senzora za fazu B
- (16) Hall C - signal Hallovog senzora za fazu C

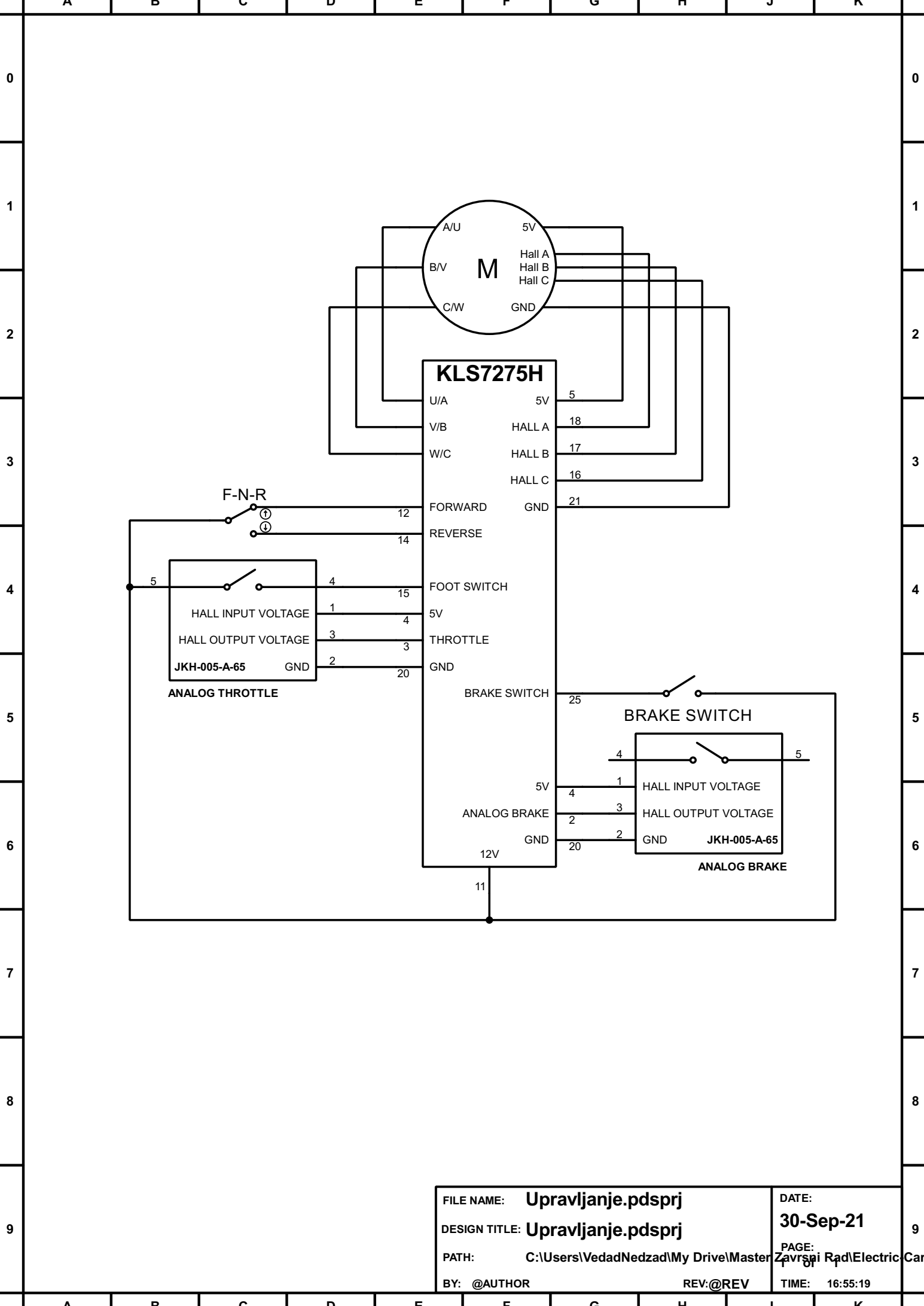
1.4 Upravljanje motorom

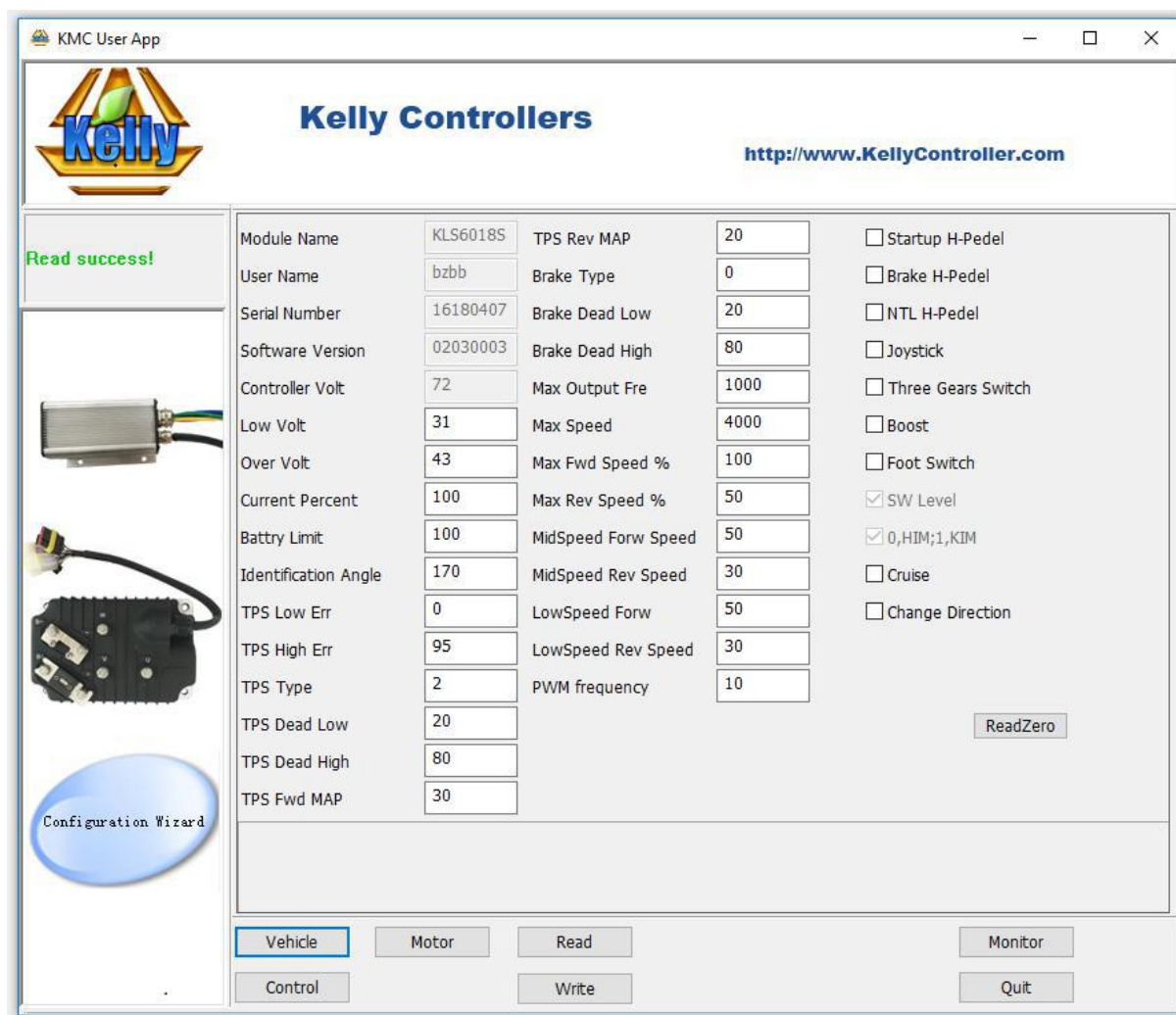
Energetski pretvarač/kontroler koristi vektorsku modulaciju (*engl. space-vector modulation*) za upravljanje trofaznim motorom. Za upravljanje cjelokupnim sistemom vozila, potrebno je uključiti dodatni sloj upravljanja, koji će upravljati paralelno sa svim pretvaračima koji su povezani sa motorima.

Za sada će konceptualno biti razmotreno upravljanje jednim motorom. Shema upravljanja je data na sljedećoj strani. Osnovna ideja upravljanja se zasniva na tome da se na pin (3) KLS7275H pretvarača dovodi signal u rasponu od 0 do 5V, koji će proporcionalno svojoj vrijednosti - određivati željenu brzinu vrtnje motora. Izvor signala gasa može biti potencijometar ili nožna papučica, što se također mora uzeti u obzir prilikom konfiguracije samog pretvarača. U prikazanoj konfiguraciji je potrebno obezbjediti signal koji će na pinu (15) davati informaciju

o stanju papučice gasa. Funkcija analognog regenerativnog kočenja se može realizirati na sličan način, pri čemu za razliku od gasa, nije potrebna informacija da li je papučica aktivirana. Na pinu (25) je moguće realizirati 12V ručnu kočnicu.

Korisnik može mijenjati smjer vrtnje motora, odnosno smjer kretanja vozila (naprijed ili nazad) dovođenjem odgovarajuće kombinacije signala na pinove (12) i (14). Na osnovu ulaznih signala, energetski pretvarač pokreće trofazni DC motor bez četkica. Pinovi (16), (17) i (18) služe za prikupljanje signala sa Hallovog senzora na samom motoru. Napajanje Hallovog senzora iznosi 5V.





Slika 1.4: Program za konfiguraciju energetskog pretvarača

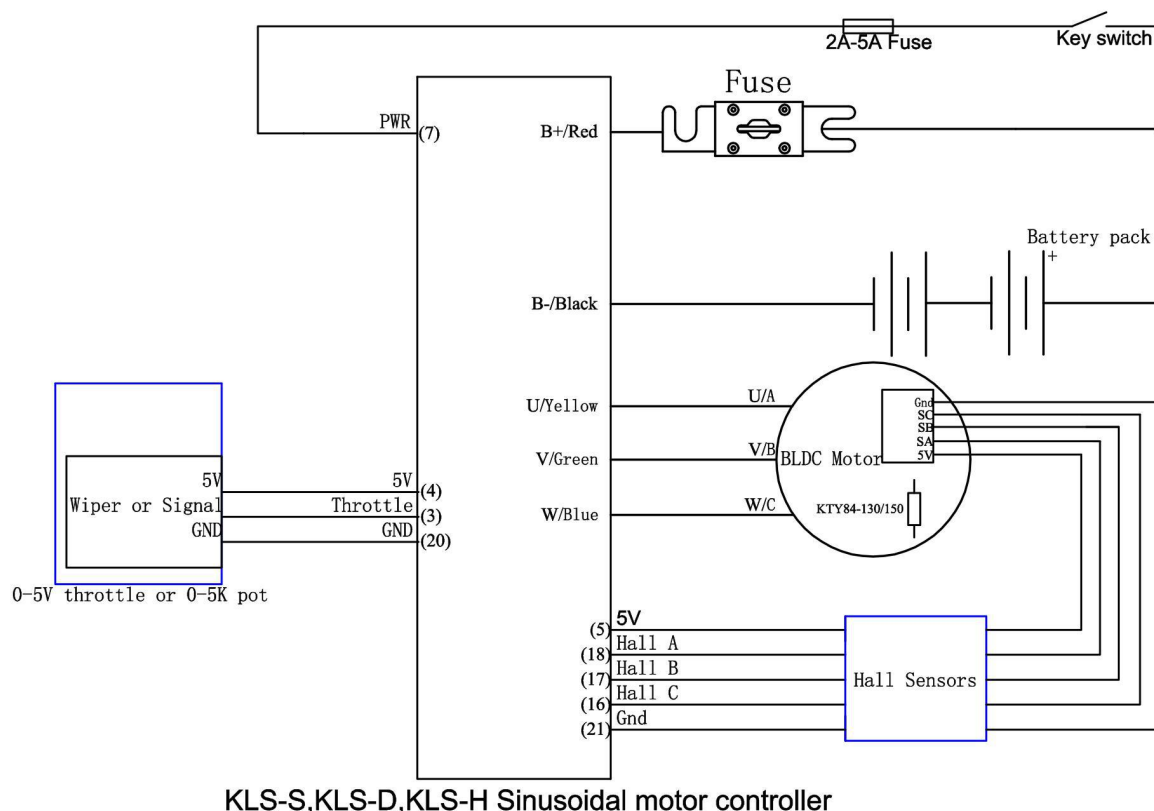
1.5 Konfiguracija parametara pretvarača

Parametre *KLS7275H* kontrolera je moguće podešavati pomoću PC ili Android uređaja. Veza sa PC uređajem se ostvaruje preko *USB-RS232* konektora. Softver za konfiguraciju je dostupan na zvaničnoj stranici proizvođača. Dijaloški okvir programa je prikazan na slici (1.4). Podešavanja vezana za motor i samo vozilo koje će motor pogoniti kao dio sistema su odvojena. Informacije kao što su ime modula, serijski broj, verzija softvera i napon pretvarača su dostupna samo za čitanje.

1.6 Operacija identifikacije ugla

Prije puštanja određenog motora u rad, potrebno izvršiti proceduru *identifikacije ugla*. Ova operacija se izvršava korištenjem aplikacije na računaru koji je povezan sa energetskim pretvaračem preko *USB-RS232* konektora. Shema spajanja je data na slici (1.5). Pretvarač je spojen na motor sa tri faze, a sa motora se prenosi signal sa Hallovog senzora. Vanjski element za zadavanje gasa također treba povezati sa pretvaračem, pri čemu taj element može jednostavno biti potencijometar ili papučica gasa.

Komponenta koja se može koristiti u tu svrhu je *Controller Control Box*, prikazana na slici



Slika 1.5: Shema spajanja za operaciju identifikacije ugla

(1.6). Shema spajanja sa kontrolerom preko 14-pinskog konektora je data u prilogu C, pri čemu je za realizaciju identifikacije ugla dovoljno koristiti opciju u kojoj se *PWR* prekidač na kontrolnoj kutiji koristi za *Key switch* na slici (1.5) i konfiguracija *Throttle* potencijometra kao element zadavanja gasa.

Pri povezivanju svih elemenata potrebno je da *PWR* prekidač, odnosno *Key switch* bude u otvorenom stanju. Nakon što se preuzme softver za konfiguraciju i instalira na PC, prekidač za napajanje je potrebno zatvoriti i pokrenuti instalirani softver. Kada se otvori dijaloški prozor programa (slika 1.4), potrebno je kliknuti na opciju *Read*, kako bi se učitali trenutni podaci kontrolera.

Parametri koje je potrebno konfigurirati prije procesa identifikacije ugla se nalaze unutar grupe *Motor*, a odnose se na broj polova motora, tip senzora brzine i iznos struje koja se koristi za identifikaciju. Unutar grupe *Vehicle* potrebno je podesiti parametre: *TPS Type* (način zadavanja gasa), *Max Output Frequency* (maksimalna vrijednost frekvencije za faze motora), *Max Speed* (maksimalna brzina motora, izražena u obrtajima po minuti) i *PWM frequency* (frekvencija širinsko-impulsne modulacije, odnosno metode kojom pretvarač upravlja motorima). Treba napomenuti da brzina rotacije motora, prema specifikaciji proizvođača datoj u prilogu B, brzina rotacije motora iznosi od 550 do 1200 RPM.

Naredni korak u postupku identifikacije ugla je upisivanje broja **170** u parametar *Identification Angle* i odabir opcije *Write*. Zatim je potrebno izaći iz programa za konfiguraciju. Isključivanjem dovoda napajanja na nekoliko sekundi i ponovnim spuštanjem *PWR* prekidača, motor započinje kretanje nasumično u oba smjera. Proces identifikacije traje od 2 do 3 minute.

Kada se proces završi, pretvarač će dati 3 – 2 kod greške - zujalica (*engl. buzzer*) će najprije dati 3, a zatim 2 brza zvučna signala. Zatim je potrebno opet na nekoliko sekundi isključiti



Slika 1.6: Controller Control Box

napajanje kontrolera. Nakon ponovnog pokretanja korisničkog sučelja za konfiguraciju kontrolera, potrebno je provjeriti *Identification Angle* parametar, ukoliko je proces identifikacije uspješno izvršen - parametar ima vrijednost 85.

Iako se u procesu identifikacije ugla nije koristio potencijometar za davanje gasa, ovaj element služi za provjeru da li se motor kreće u željenom smjeru. Ukoliko to nije slučaj, potrebno je označiti (*engl. check*) opciju *Change Direction* u programu za konfiguraciju. Da bi se promjena sačuvala potrebno je kliknuti na dugme *Write* i resetirati napajanje.

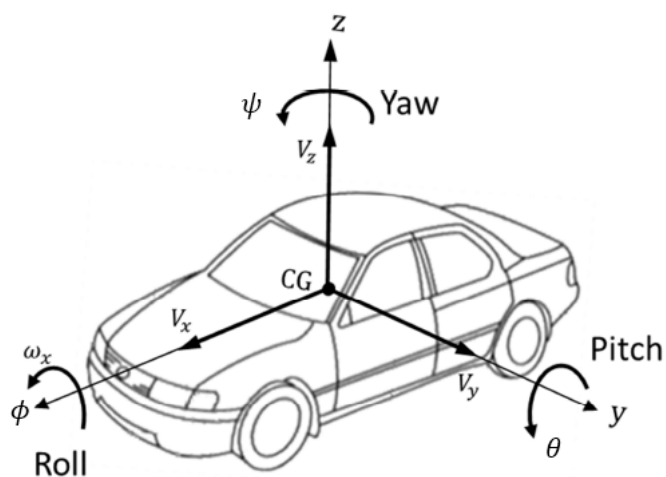
1.7 Model vozila

Općeniti model vozila uzima u obzir translacijsko kretanje u xyz koordinatnom sistemu i rotacijsko kretanje oko osa tog koordinatnog sistema (*roll*, *pitch* i *yaw*), kao i rotacijsko kretanje kotača. U slučaju vozila sa četiri točka, tada se radi o modelu sa 13 stepeni slobode, uz zanemarivanje dinamike sistema suspenzije. Koordinatni sistem vozila, prema ISO 8855:2011 standardu je prikazan na slici (1.7).

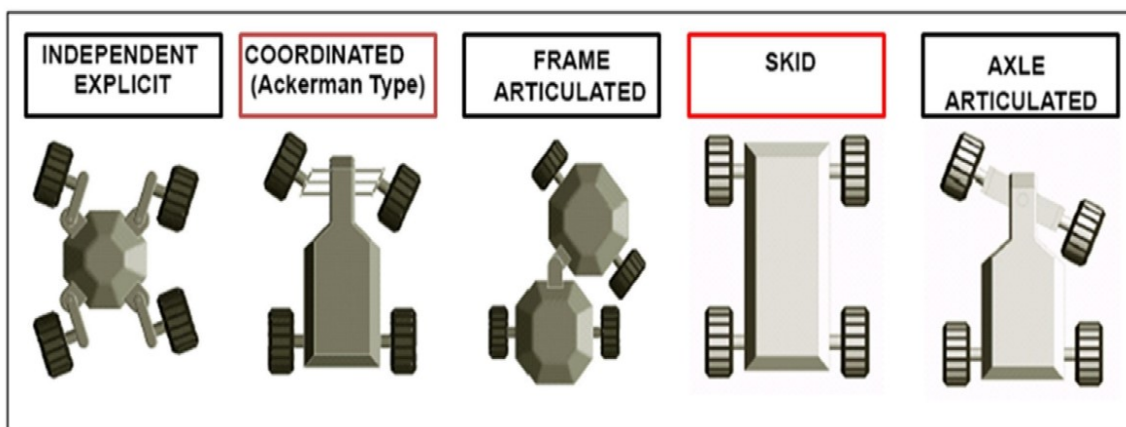
Modeli se mogu razlikovati i po sistemu zakretanja vozila. Različiti sistemi tog tipa su prikazani na slici (1.8). Najčešće korištene konfiguracije podrazumijevaju skretanje bez rotacije kotača, skretanje uz rotaciju prednjih kotača i skretanje uz rotaciju svih kotača. Rotacija se obavlja oko z ose.

Vozilo, prikazano na slici (1.1), nema mogućnost rotiranja kotača - te se skretanje realizira zadavanjem različitih vrijednosti momenata/brzina motorima na lijevoj i desnoj strani vozila. Neka se razmatra skretanje udesno, kao na slici (1.9).

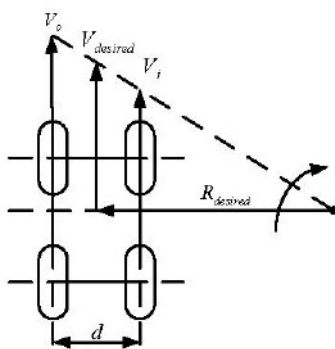
Unutrašnji (*engl. inner*) kotači se nalaze bliže, a vanjski (*engl. outer*) dalje od tačke oko koje se vrši rotacija. U ovom slučaju lijevi točkovi su vanjski, sa brzinom V_o , dok su desni točkovi unutrašnji, sa brzinom V_i . Vozilo će skrenuti udesno, ukoliko vrijedi da je $V_o > V_i$. Analogno se može izvesti zaključak za slučaj skretanja ulijevo.



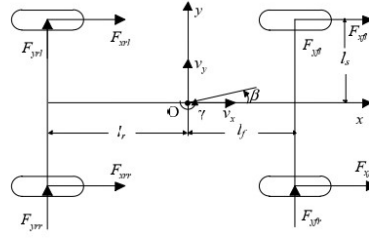
Slika 1.7: Koordinatni sistem vozila [3]



Slika 1.8: Različiti sistemi zakretanja vozila [4]



Slika 1.9: Skid steering [5]



Slika 1.10: Shematski prikaz vozila [7]

Cilj ovakvog upravljanja je promjena orijentacije vozila koje se svjesno podstiče na proklizavanje, pa se ovakav način skretanja vozila u literaturi naziva *skid steering*.

1.7.1 Jednačine kretanja

Shematski prikaz vozila je prikazan na slici (1.10). Ovaj model podrazumijeva kretanje po ravnom terenu, pri čemu se tada zanemaruje translacija po z -osi i rotacija oko osa x i y .

Model sa 7 stepeni slobode, preuzet iz [6], sastoji se od jednačina (1.1) i (1.2) za kretanje u xy -ravni, jednačine (1.3) za rotaciju oko z -ose i jednačine (1.4) za rotaciju kotača.

$$Ma_x = M(\dot{v}_x - \gamma v_y) = \sum_i F_{x,i} = F_{x,fl} + F_{x,fr} + F_{x,rl} + F_{x,rr} \quad (1.1)$$

$$Ma_y = M(\dot{v}_y - \gamma v_x) = \sum_i F_{y,i} = F_{y,fl} + F_{y,fr} + F_{y,rl} + F_{y,rr} \quad (1.2)$$

$$J\dot{\gamma} = l_s(F_{x,fr} + F_{x,rr} - F_{x,fl} - F_{x,rl}) + l_f(F_{y,fl} + F_{y,fr}) - l_r(F_{y,rl} + F_{y,rr}) \quad (1.3)$$

$$J_w \dot{\omega}_i = \tau_i - R_w F_{x,i} \quad (1.4)$$

$$i = fl, fr, rl, rr$$

Parametri ovog modela su:

- i - oznaka kotača (fl, fr, rl, rr)
- fl - oznaka za prednji lijevi (*engl. front-left*) točak
- fr - oznaka za prednji desni (*engl. front-right*) točak
- rl - oznaka za zadnji lijevi (*engl. rear-left*) točak
- rr - oznaka za zadnji desni (*engl. rear-right*) točak
- M - masa vozila
- a_x - longitudinalno ubrzanje
- a_y - lateralno ubrzanje
- v_x - longitudinalna brzina
- v_y - lateralna brzina

- γ - ugaona brzina centra mase vozila
- ω_i - ugaona brzina i -tog kotača
- $F_{x,i}$ - longitudinalna sila koja djeluje na i -ti točak
- $F_{y,i}$ - lateralna sila koja djeluje na i -ti točak
- J - moment inercije vozila
- J_w - moment inercije točka
- l_s - udaljenost između točkova na lijevoj/desnoj strani i tačke centra mase
- l_f - udaljenost između tačke centra mase i prednjih kotača
- l_r - udaljenost između tačke centra mase i zadnjih kotača
- τ_i - moment i -tog kotača
- R_w - poluprečnik točka

1.7.2 Kretanje po jednoj osi

Ukoliko se razmatra kretanje samo po jednoj osi, moguće je izvesti nešto jednostavniji model kretanja. Neka se analizira kretanje naprijed-nazad po x -osi. Slijedi da nema rotacije oko z ose ($\gamma = 0$), kao ni translacije na pravcu y -ose ($v_y = 0$). Sada jednačine (1.2) i (1.3) nisu više predmet razmatranja, jer nemaju utjecaj na pretpostavljeni tip kretanja.

Za kretanje naprijed-nazad se može uvesti pretpostavka da su sve longitudinalne sile jednake, kao što je navedeno u relaciji (1.5). S obzirom na to da se u slučaju kretanja po pravcu svim motorima zadaje ista vrijednost momenta, možemo pretpostaviti da su momenti svih motora jednaki, kao što je navedeno u relaciji (1.6). Isti se zaključak može izvesti i za ugaone brzine točkova, što je dato u relaciji (1.7).

$$F_{x,i} = F_{x,j} = F_X \quad (1.5)$$

$$\tau_i = \tau_j = \tau_w \quad (1.6)$$

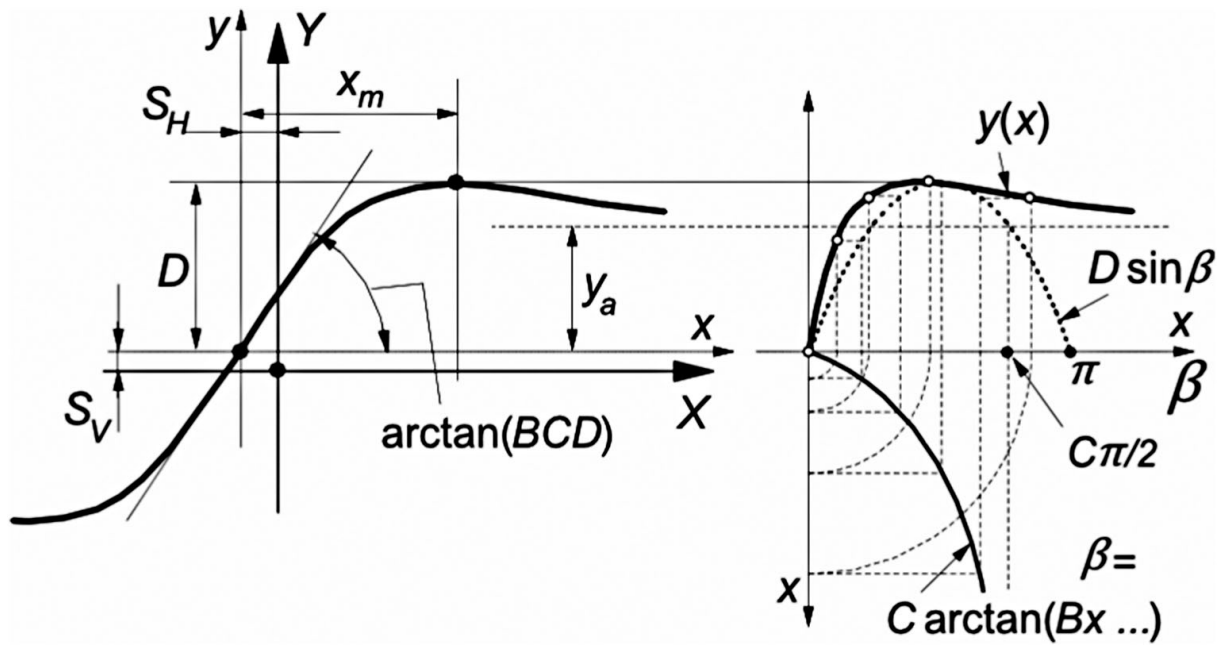
$$\omega_i = \omega_j = \omega_w \quad (1.7)$$

$$i, j = fl, fr, rl, rr$$

Uvrštavanjem relacija (1.5), (1.6) i (1.7) u jednačine (1.1) i (1.4), dobiva se model kretanja vozila po pravcu na ravnom terenu, dat jednačinama (1.8) i (1.9).

$$M\dot{v}_x = 4 \cdot F_X \quad (1.8)$$

$$J_w\dot{\omega}_w = \tau_w - R_w F_X \quad (1.9)$$



Slika 1.11: Interpretacija parametara čarobne formule [10]

1.7.3 Model gume

Za određivanje lateralnih i longitudinalnih sila, potrebno je poznavati model gume. Postoji nekoliko različitih matematičkih modela koji rješavaju ovaj problem, kao što su npr. *UniTire* ili *Fiala* modeli [8].

Čarobni model gume

Najzastupljeniji model u literaturi je poznat pod nazivom *čarobni model gume* (engl. *magic tire model*) [9] ili *čarobna formula*. Općeniti oblik čarobne formule je dat jednačinama (1.10), (1.11) i (1.12).

$$Y(X) = y(x) + S_V \quad (1.10)$$

$$x = X + S_H \quad (1.11)$$

$$y = D \cdot \sin\{C \cdot \arctan\{B \cdot x - E \cdot [B \cdot x - \arctan(B \cdot x)]\}\} \quad (1.12)$$

Funkcija $Y(X)$ se može koristiti za modeliranje lateralne sile, longitudinalne sile ili ugaonog momenta. Varijabla X može imati karakter omjera uzdužnog proklizavanja (engl. *longitudinal slip ratio*) λ ili ugla bočnog klizanja (engl. *side-slip angle*) α .

B , C , D i E su parametri koji se određuju eksperimentalno, a parametri S_H i S_V služe za definiranje *offseta* sila. Interpretacija parametara je data na slici (1.11).

1.7.4 Određivanje sile F_X

Neka su offseti sila $S_H = S_V = 0$. Tada se longitudinalna sila $F_x(\lambda)$ može odrediti pomoću jednačine (1.13). Omjer uzdužnog proklizavanja λ je definiran sa (1.14) [11].

$$F_x(\lambda) = D \cdot \sin\{C \cdot \arctan\{B \cdot \lambda - E \cdot [B \cdot \lambda - \arctan(B \cdot \lambda)]\}\} \quad (1.13)$$

$$\lambda = \begin{cases} -1 + \frac{R_w \cdot \omega_w}{v_x} & , \quad R_w \omega_w \leq v_x \\ 1 - \frac{v_x}{R_w \cdot \omega_w} & , \quad R_w \omega_w \geq v_x \end{cases} \quad (1.14)$$

Treba napomenuti da u opštem slučaju λ ovisi o brzini centra mase točka i geometriji samog vozila, ali da se u slučaju linearnog kretanja brzina centra kotača može aproksimirati longitudinalnom brzinom vozila v_x . Vrijednosti koeficijenata B , C , D i E su preuzeti iz [12] i imaju vrijednosti date u (1.15).

$$B = 11,45 \quad C = 1,62 \quad D = 4243 \quad E = 0,48 \quad (1.15)$$

Prilozi

Prilog A

Instalacija dSPACE programa

Za razvoj upravljačkog algoritma korištenjem *MicroLabBox* razvojnog sistema je potrebno instalirati *dSPACE* softver koji će se integrirati sa *Matlab/Simulink* okruženjem. U nastavku će biti dat proces instalacije *dSPACE* programskog paketa, verzije **2018-A**.

A.1 Tekstualni i video vodič za instalaciju

Na zvaničnoj stranici proizvođača je moguće pronaći tekstualne (.pdf) [13] i video [14] instrukcije za instalaciju *dSPACE* softvera.

A.2 Datoteke za instalaciju softvera

Uz *MicroLabBox* razvojni sistem dolaze dva DVD-a, na kojima se nalaze datoteke potrebne za instalaciju softvera. Detaljna uputstva za instalaciju se nalaze u datoteci **InstallingdSPACESoftware.pdf**.

Vlasnici *dSPACE* licence i registrirani korisnici softver mogu preuzeti preko linka koji vodi do zvanične internet stranice proizvođača. Pogodan način za instalaciju podrazumijeva kopiranje sadržaja sa oba DVD-a u isti folder na računaru, pri čemu je potrebno izvršiti prepisivanje (*engl. overwrite*) odgovarajućih datoteka.

A.3 Kompatibilne Matlab/Simulink distribucije

dSPACE verzije 2018-A sadrži sljedeće programske komponente sa pripadajućim verzijama:

1. RCP and HIL Software,
2. AutomationDesk 5.6,
3. TargetLink 4.3,
4. Model Compare 2.8,
5. *dSPACE* Python Extensions 2.5 i
6. XIL API .NET MAPort 2018-A.

Sve navedene komponente su kompatibilne sa *Matlab* distribucijama **R2016b**, **R2017a** i **R2017b**. Djelimična kompatibilnost sa gorenavedenim programima se ostvaruje kroz distribucije R2016a (podržane stavke 3 i 4) i R2018a (podržane stavke: 1, 2, 5 i 6).

A.4 Dodatne postavke

Prije pokretanja instalacije *dSPACE* softvera, potrebno je isključiti antivirusnu zaštitu i vatrozid (*engl. firewall*) na računaru, kao i obezbjediti putem opcija za štednju energije (*engl. power saving options*) da se računar neće isključiti ili preći u režim mirovanja (*engl. sleep mode*) tokom procesa instalacije.

Također, potrebno je instalirati **MATLAB Support for MinGW-w64 C/C++ Compiler**, koji je moguće pronaći u *Get Add-Ons* sekciji *Matlabovog* korisničkog sučelja i **.NET Framework 3.5**.

A.5 Proces instalacije dSPACE softvera

Prije same instalacije je potrebno zatvoriti sve pokrenute programe. Kao što je navedeno u sekciji A.2, sadržaj sa oba DVD-a je pogodno kopirati u isti folder na računaru na koji se planira instalirati dSPACE i sa te lokacije **pokrenuti** instalaciju.

A.5.1 Pokretanje instalacije

Proces instalacije se započinje pokretanjem **Install_Release.exe** datoteke. Pojavljuje se dijaloški okvir, prikazan na slici (A.1).

Napomena: dSPACE od korisnika može tražiti ponovno pokretanje računara prije početka instalacije. Tada je potrebno restartovati računar i vratiti se na korak A.5.1.

A.5.2 Instalacija, modifikacija, brisanje i popravljavanje dSPACE softvera

Dostupne opcije u dijaloškom okviru, koji je prikazan na slici A.1, mogu biti različite u zavisnosti od toga da li je na računaru već instaliran *dSPACE* softver. Moguće opcije su:

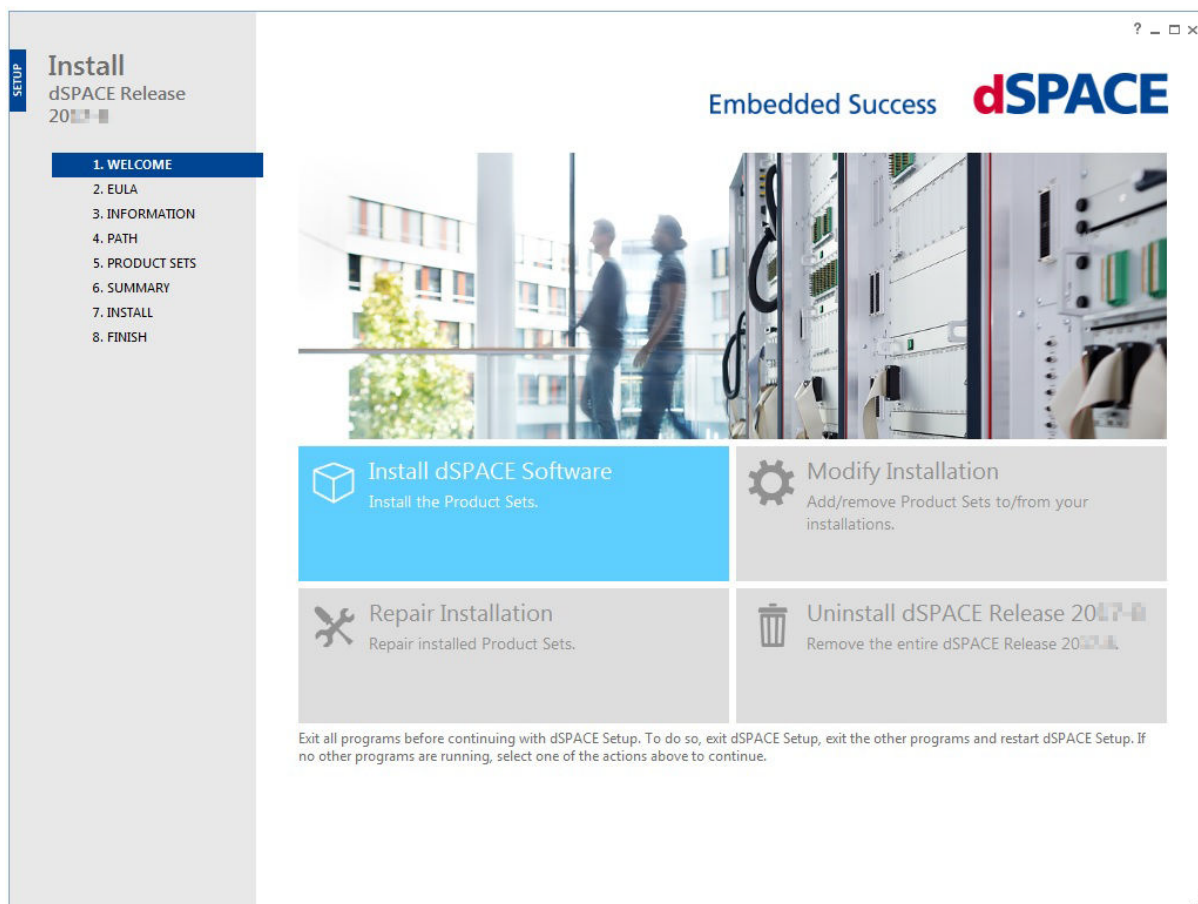
- Install *dSPACE* Software - instalacija programa
- Modify Installation - dodavanje/brisanje dijelova programa iz već postojeće instalacije
- Repair Installation - popravljavanje dijelova programa
- Uninstall *dSPACE* Release 20xx – x - brisanje svih instaliranih dijelova programa

Ukoliko na računaru nije već instaliran *dSPACE*, jedina opcija koju je potrebno i moguće odabrati je **Install dSPACE Software**.

Nakon toga je potrebno **specificirati lokaciju** na kojoj će se instalirati *dSPACE*. Pojavljuje se prozor prikazan na slici (A.2).

A.5.3 Instalacija dijelova programa

U dijaloškom okviru, prikazanom na slici (A.2), moguće je odabrati koji će se *dSPACE* programski paketi instalirati na računar. Nakon što korisnik odabere željene pakete, potrebno je kliknuti na dugme **Next** u istom prozoru.



Slika A.1: Dijaloški okvir koji se pojavljuje nakon pokretanja instalacije [13]

A.5.4 Summary page

Otvora se *Summary page*, gdje je moguće odabrati sljedeće opcije:

- Shut down after installation - Isključivanje računara nakon instalacije
- Start Installation Manager after installation - Pokretanje *Installation Manager* programa nakon instalacije

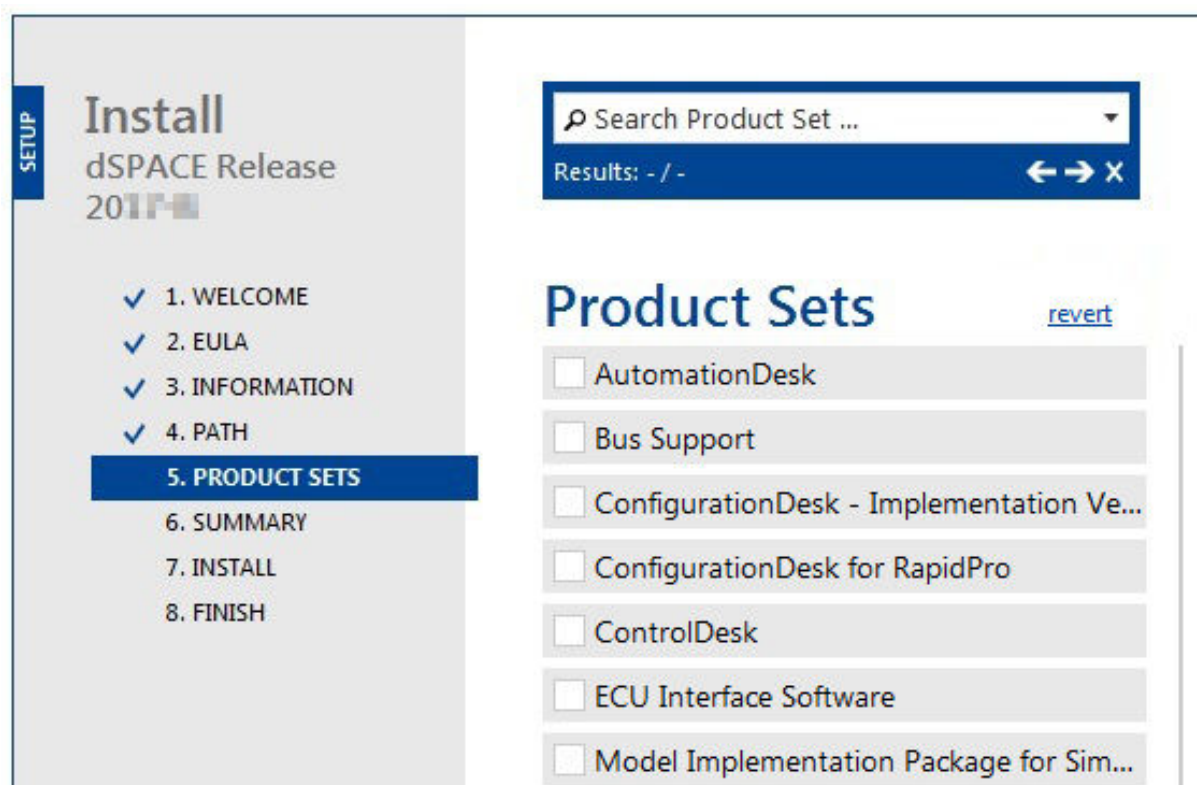
Odabrati željene opcije i kliknuti na dugme **Start**.

A.5.5 Završetak instalacije

Potrebno je da korisnik izvrši ponovno pokretanje računara, kada to od njega instalacioni program bude tražio.

A.5.6 Preuzimanje i instaliranje zakrpa

Eventualne greške u instaliranom softveru se ispravljaju odgovarajućim zakrpama (*engl. patches*) i ažuriranjima (*engl. updates*). Na zvaničnoj stranici proizvođača [15] je moguće pronaći listu svih zakrpi i ažuriranja za odgovarajuću verziju *dSPACE* softvera. Potrebno je **preuzeti** i **instalirati** date zakrpe.



Slika A.2: Izbor dijelova programa za instalaciju [13]

Napomena: Pojedina ažuriranja i zakrpe zahtijevaju validni Software Maintenance Service za preuzimanje i instalaciju.

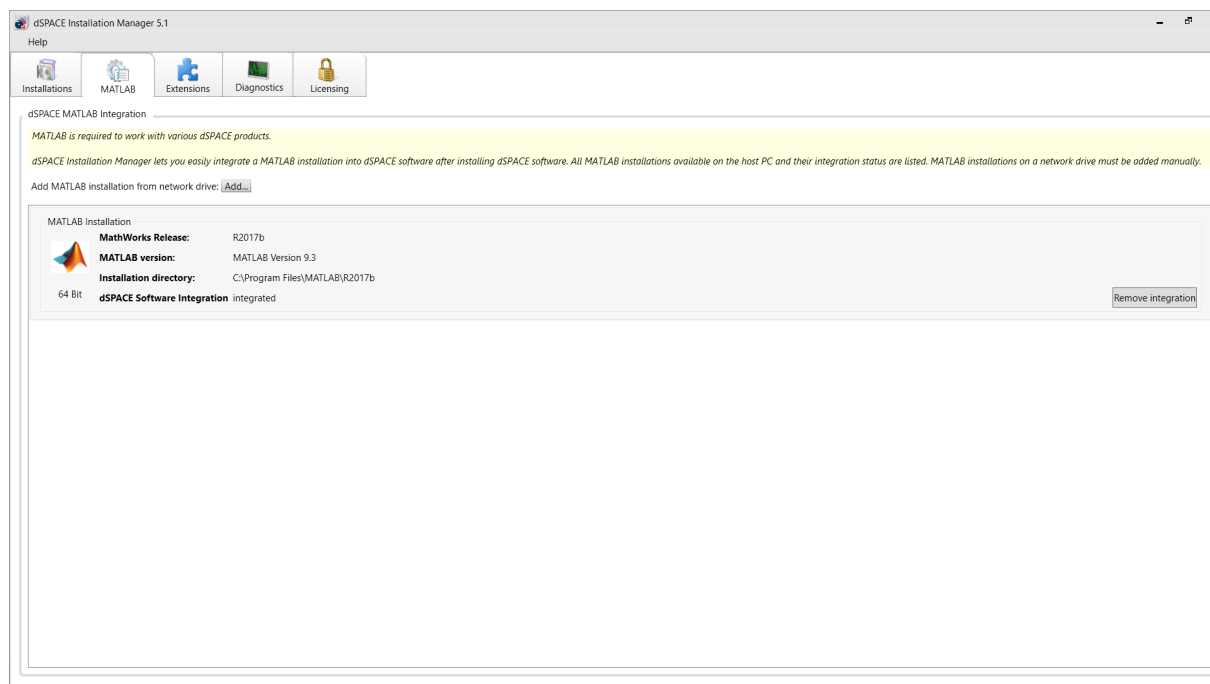
A.6 Integracija dSPACE softvera sa Matlab/Simulink razvojnim okruženjem

Instalirani dSPACE softver je potrebno integrirati i povezati sa *Matlab/Simulink* programskim paketom. To je moguće učiniti pomoću programa **dSPACE Installation Manager**.

Pokretanjem istog i navigacijom do **MATLAB** kartice (*engl. tab*), dolazi se do prozora na kojem su prikazane sve *Matlab* distribucije instalirane na računaru. dSPACE je integriran sa odgovarajućom *Matlab* distribucijom ukoliko se pored oznake **dSPACE Software Integration** nalazi *integrated*, kao na slici (A.3).

Pored integracije, potrebno je povezati (*engl. connect*) dSPACE instalaciju sa odgovarajućom *Matlab* distribucijom. U **dSPACE Installation Manager** programu je potrebno kroz *Installations* i *Installation Overview* kartice za svaku programsku komponentu, kod koje je dostupna ta opcija, u kartici *Connect to MATLAB Release* - označiti (*engl. check*) *Connected* za odgovarajuću *Matlab* distribuciju, kao na slici (A.4).

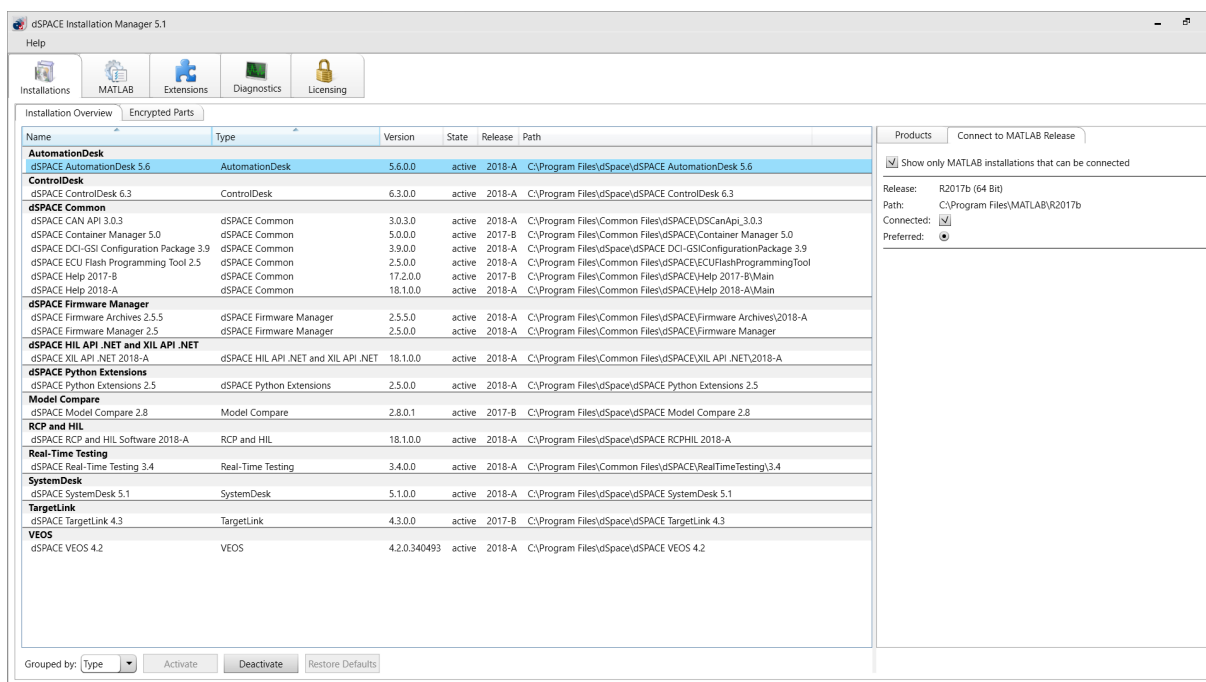
Prije pokretanja *Matlab* distribucije, potrebno je zatvoriti dSPACE Installation Manager program sa ranije navedenom konfiguracijom. Programski paket *Matlab* će pri pokretanju izvršiti konfiguraciju dSPACE softvera, kao što je prikazano na slici (A.5).



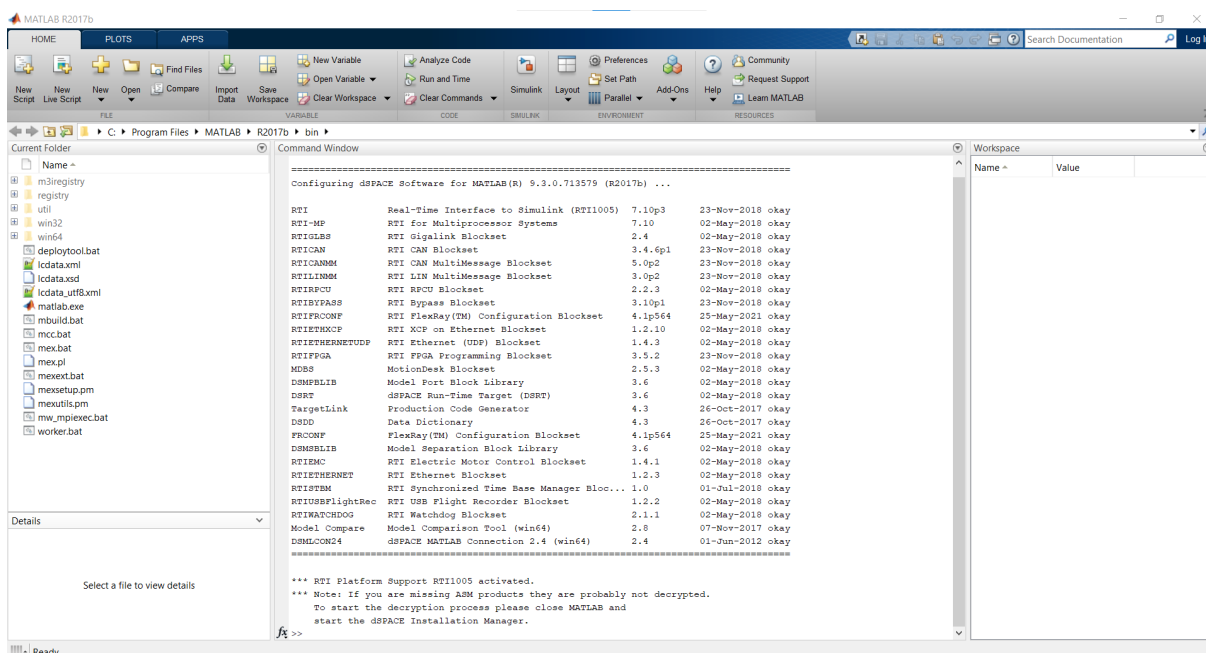
Slika A.3: Integracija *dSPACE* instalacije sa odgovarajućom *Matlab* distribucijom

A.7 Licenciranje i dekripcija dSPACE softvera

Instalacija dSPACE programa



Slika A.4: Povezivanje dSPACE instalacije sa odgovarajućom Matlab distribucijom



Slika A.5: Konfiguracija dSPACE softvera prilikom pokretanja Matlab distribucije

Prilog B

8000W DC Brushless Car Motor Datasheet



QS MOTOR LTD

Phone: +86-188-0166-2699

Email: sales@qsmotor.com

Website: www.qsmotor.com

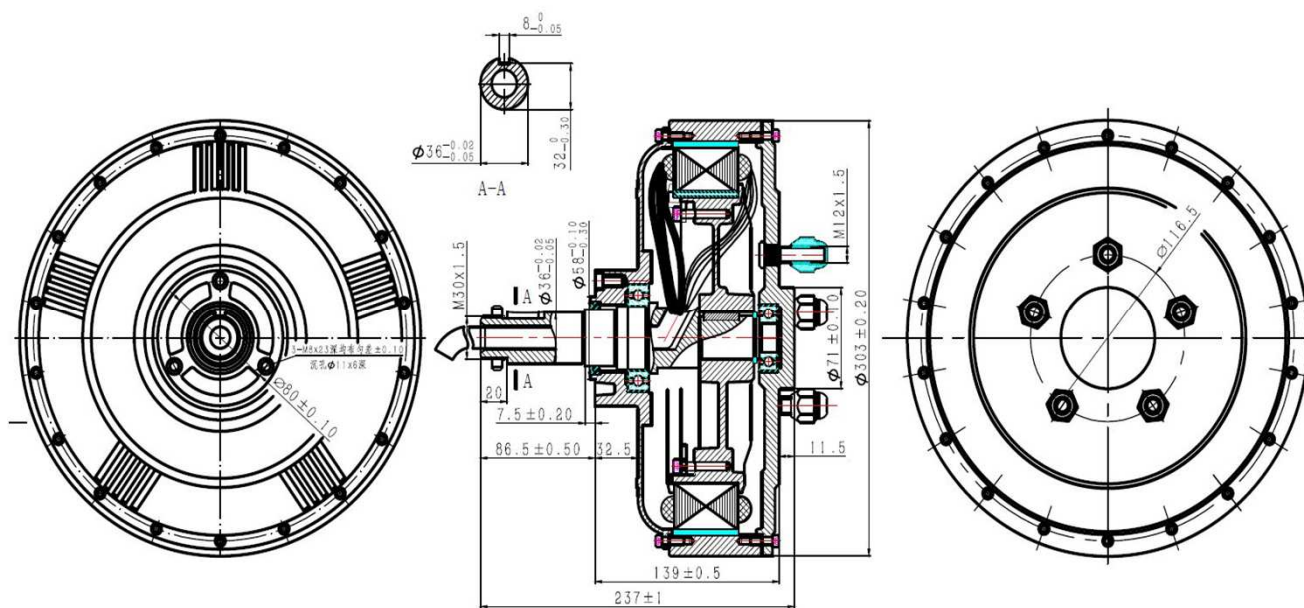
Contact: Harry Zhou

8000W DC Brushless Car Motor (50H 273 V3)



Motor Size	Motor Diameter	303mm
	Recommendation Hub	14 inch or more than 14 inch rim
	Axle	Single Shaft
	PCD	5x117mm (Customizable 100-117mm)
	CB	71mm (or Customizable 60-80mm)
Motor Phase	Number of Motor Phase	3
	Cross Section of Cable	16 Square Millimeter
Motor Power	Rated Power	8000W
	Max. Power	12800W (peak 16000W)
	Rated Voltage	72V (option 84V, 96V, 108V, 120V)
	Continuous Current	127A
	Peak Current	190A (peak 300A less than 5 seconds)
	Magnet Height	50mm
	Number of Pole Pairs	16 Pairs
	Max. Torque	90 - 302N.m
	Max. Efficiency	91%
	Rotating Speed	550 - 1200rpm
	Max. Speed of Scooter	30 - 110km/h
Motor Hall Sensor	Hall Sensor	2 sets (1 for use and 1 for backup)
	Hall Working Votalge	5V (option 12V)
Motor Brake System	Brake Type	Disc Brake
	Disc Size	220mm
Remark	Waterproof Grade	IP54
	Max. Working Temperature	70 °C (peak 120°C in 5 - 10 second)
	Temperature Sensor	KTY83-122
	Color	Black
	Weight	26kgs
	Unit Packing	43x43x41cm/carton
Option	Temperature Sensor	KTY83-122


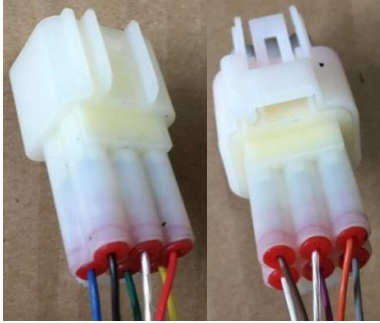
Drawing of Car Motor 273





QS MOTOR LTD

5 Shugang Ave, Luqiao, Taizhou 318057, Zhejiang, China
 QSMOTOR.COM Phone: +86-188-0166-2699 Email: sales@qsmotor.com

Motor has 3 Phase Cables and 2 sets Hall Sensor Plugs	
3 Phase Cables	2 Sets Hall Sensor Plugs
	
Motor Phase Cable	
Motor's YELLOW Cable (big cable), A, U phase.	
Motor's GREEN Cable (big cable), B, V phase.	
Motor's BLUE Cable (big cable), C, W phase.	
The Hall Sensor Plug Set 1.	
The Hall Sensor's YELLOW Cable (small cable, hall A).	
The Hall Sensor's GREEN Cable (small cable, hall B).	
The Hall Sensor's BLUE Cable (small cable, hall C).	
The Hall Sensor's RED Cable (small cable, +5V DC).	
The Hall Sensor's BLACK Cable (small cable, GND).	
The Hall Sensor's Transparent/Crystal Cable (Temperature Sensor).	
The Hall Sensor Plug Set 2.	
The Hall Sensor's GRAY Cable (small cable, hall A).	
The Hall Sensor's PURPLE Cable (small cable, hall B).	
The Hall Sensor's WHITE Cable (small cable, hall C).	
The Hall Sensor's ORANGE Cable (small cable, +5V DC).	
The Hall Sensor's BROWN Cable (small cable, GND).	
The Hall Sensor's Transparent/Crystal Cable (Temperature Sensor).	
Important Notice.	
1. The function of 2 sets hall sensors are same. We use 1 set Hall Sensor Plug and the other 1 set for backup. Please note never try to connect 2 set hall sensor plugs to controller at same time.	
2. Please change the hall plug of controller if the hall plugs do not match with motor. The static electricity may damage the hall sensor of motor if you change the plug of motor.	

Prilog C

Control Box

Literatura

- [1] Kelly Controls, Inc, “KLS-H User Manual”, dostupno na: <https://kellycontroller.com/shop/kls-h> (2020).
- [2] Sayoon Electric Co., Ltd., “JKH Foot Throttle Datasheet”, dostupno na: <http://www.sayoon.com/en/products/switchesandaccessories/footthrottle/1/jkh.html> (2015).
- [3] Kissai, M., Monsuez, B., Mouton, X., Martinez, D., Tapus, A., “Adaptive robust vehicle motion control for future over-actuated vehicles”, *Machines*, Vol. 7, No. 2, 2019, str. 26.
- [4] Han, C. *et al.*, “Development of torque control algorithm for skid steering six wheel drive with in wheel motors”, Doktorski rad, Hanyang University, 2010.
- [5] Shuang, G., Cheung, N. C., Cheng, K. E., Lei, D., Xiaozhong, L., “Skid steering in 4-wheel-drive electric vehicle”, in 2007 7th International Conference on Power Electronics and Drive Systems. IEEE, 2007, str. 1548–1553.
- [6] Aslam, J., Qin, S.-Y., Alvi, M. A., “Fuzzy sliding mode control algorithm for a four-wheel skid steer vehicle”, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 28, No. 8, 2014, str. 3301–3310.
- [7] Tian, J., Tong, J., Luo, S., “Differential steering control of four-wheel independent-drive electric vehicles”, *Energies*, Vol. 11, No. 11, 2018, str. 2892.
- [8] Ma, Y., Li, Y., Liang, H., “Design of sliding mode controller on steering control of skid steering 6×6 unmanned vehicle”, in 2017 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS). IEEE, 2017, str. 272–276.
- [9] Pacejka, H., *Tire and vehicle dynamics*. Elsevier, 2005.
- [10] Lidfors Lindqvist, A., Zhou, S., Walker, P. D., “Direct yaw moment control of an ultra-lightweight solar-electric passenger vehicle with variation in loading conditions”, *Vehicle System Dynamics*, 2020, str. 1–23.
- [11] Asiabar, A. N., Kazemi, R., “A direct yaw moment controller for a four in-wheel motor drive electric vehicle using adaptive sliding mode control”, *Proceedings of the institution of mechanical engineers, part K: journal of multi-body dynamics*, Vol. 233, No. 3, 2019, str. 549–567.
- [12] Li, L., Jia, G., Chen, J., Zhu, H., Cao, D., Song, J., “A novel vehicle dynamics stability control algorithm based on the hierarchical strategy with constrain of nonlinear tyre forces”, *Vehicle system dynamics*, Vol. 53, No. 8, 2015, str. 1093–1116.

- [13] dSPACE GmbH, “Installing dSPACE Software as of Release 2017-B”, dostupno na: <https://www.dspace.com/en/pub/home/support/kb/supkbspecial/dskbil/instsoftwa.cfm> (2019).
- [14] dSPACE GmbH, “Installing dSPACE Software (Video)”, dostupno na: https://www.dspace.com/en/pub/home/medien/videos/tutorials/video_newlicensing_installatio.cfm (2018).
- [15] dSPACE GmbH, “Updates and Patches Overview”, dostupno na: <https://www.dspace.com/en/pub/home/support/patches/suppatchrelease.cfm> (2021).