

UPRAVLJANJE I VIZUALIZACIJA KVALITETE PROIZVODA NA SERVO TRANSPORTERU POMOĆU INDUSTRIJSKE KAMERE I 3D SKENERA

CONTROL AND VISUALIZATION OF PRODUCT QUALITY ON SERVO TRANSPORTER USING INDUSTRIAL CAMERA AND 3D SCANNER

Tin Panadić¹, Dario Matika²

¹ProElektronika d.o.o., Radnička cesta 177, 10000 Zagreb

²Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb

SAŽETAK

U članku se predstavljaju rezultati razvoja i projektiranja originalnog sustava za kontrolu kvalitete proizvoda primjenom suvremenih tehnologija i brendirane opreme. Konkretno radi se o transportnom sustavu za inspekciju i identifikaciju predmeta pomoću optičkih senzora i industrijskih kamera koje služe za automatiziranu kontrolu kvalitete. Projekt je obuhvatio programiranje Sensopart Visor senzora, LMI Gocator 3D skenera i Baumer VeriSense senzora, programiranje u CODESYS okruženju i programiranje Weintek HMI panela, parametrisiranje Servo sustava ASDA-A2 te uspostava Ethernet i EtherCAT komunikacijskih protokola između komponenti. Proces izrade projekta bio je kompleksan zbog korištenje različitih tehnologija različitih brendova opreme. Najčešći problemi bili su vezani na komunikacijske protokole i uspostavu EtherCAT komunikacije između Servo upravljača i PLC-a. Krajnji rezultat projekta bio je funkcionalni sustav (hardware) i programska podrška (software) za potrebe provođenja laboratorijskih vježbi iz skupine kolegija automatizacije u laboratoriju Tehničkog veleučilišta u Zagrebu.

Ključne riječi: Kontrola kvalitete, optički senzori, industrijske kamere, 3D senzori, PLC logika i HMI

ABSTRACT

The results of the development and design of the original product quality control system using modern technologies and branded equipment are presented in this article. Specifically, it is a transport system for the inspection and identification of objects using optical sensors and industrial cameras that are used for automated quality control. The project included programming of the Sensopart Visor sensor, LMI Gocator 3D scanner and Baumer VeriSense sensor, programming in the CODESYS environment and programming of the Weintek HMI panel, parameterization of the Servo system ASDA-A2 and establishment of Ethernet and EtherCAT communication protocols between components. The process of creating the project was complex due to the use of different technologies of different brands of equipment. The most common problems were related to communication protocols and the establishment of EtherCAT communication between the Servo controller and the PLC. The end result of the project was a functional system (hardware) and software support (software) for the needs of conducting laboratory exercises from the group of automation courses in the laboratory of the Zagreb University of Applied Science.

Keywords: Quality control, optical sensors, industrial cameras, 3D sensors, PLC logic and HMI

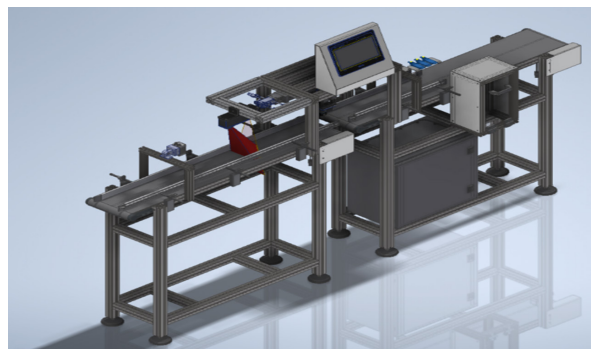
1. UVOD

1. INTRODUCTION

Kontrola kvalitete (eng. Quality Control, QC) jedna je od najvažnijih sastavnica sustava upravljanja kvalitetom. Prema [1] kontrola kvalitete je smišljena aktivnost na osiguranju sukladnosti zahtijevanih značajki kvalitete na konkretnom izlazu iz procesa, a postupak kontrole kvalitete pripada objektivnim postupcima ispitivanja (provjere) u kojem se prikupljaju (mjere) značajke proizvoda i utvrđuje je li neka značajka proizvoda (objekta kontrole) u granicama ili izvan granica postavljenih specifikacija ili njihovih tolerancija.

U ovom članku predstavljen je razvoj originalnog sustava kontrole kvalitete na transporterskim sustavima pogonjenim servo pogonima, a namijenjen je laboratoriju Tehničkog veleučilišta u Zagrebu u svrhu održanja laboratorijskih vježbi. Sustav je tako projektiran da studenti mogu steći znanja o svim pojedinim komponentama odnosno steći odgovarajuće kompetencije kao korisnici sustava upravljanja kvalitetom u rješavanju izazova i iznalaženju odgovarajućih operativnih i tehnoloških rješenja ovisno o vrsti kontrole. Naime, kontrola kvalitete zahtjeva pravilan izbor načina kontrole kvalitete, jer rezultati kontrole povlače za sobom i određene odluke (npr. proizvod je loš, dobar ili je za doradu). Te odluke ukazuju i na slabosti upravljanja tehnološkim procesom proizvodnje odnosno ukazuju na stabilnosti i ponovljivost tog procesa kroz serijsku proizvodnju. Dakle, kroz proces kontrole kvalitete proizvoda prikupljaju se i informacije o samom proizvodnom procesu i potrebi korekcije tog procesa.

U članku se nadalje prezentiraju krajnji rezultati projekta koji je koncipiran za održavanje laboratorijskih vježbi na način da obuhvaća programiranje Sensopart Visor senzora, LMI Gocator 3D skenera i Baumer VeriSense senzora, programiranje u CODESYS okruženju i programiranje Weintek HMI panela, parametriranje Servo sustava ASDA-A2 te uspostavu Ethernet i EtherCAT komunikacijskih protokola između komponenti, o čemu će biti više riječi u nastavku članka. Krajnji rezultat projekta prikazan je na slici 1.



Slika 1 Sustav kontrole [2]

Figure 1 Control system [2]

Za realizaciju projekta korišteno je niz različitih kompleksnih tehnologija i brendirane opreme što je zahtijevalo dodatni napor u uspostavi unutarnje komunikacije prilikom konfiguracije sustava. Većinom se radilo o problemima povezanim s komunikacijskim protokolima prilikom uspostave EtherCAT komunikacije između Servo upravljača i PLC-a, zatim prilikom podešavanja parametara servo motora zbog elastičnosti transportne trake i sl. (problema nije bilo s HMI-om i industrijskim kamerama, a manjih je problema bilo s 3D skenerom). Krajnji rezultat je ostvaren te je isporučen: cjeloviti funkcionalni sustav, programski kod za procesno računalo, programsko sučelje za industrijski ekran na dodir, parametri za servo upravljače, programi za industrijske kamere i programski parametri za 3D skener.

2. VRSTE KONTROLE KVALITETE

2. TYPES OF QUALITY CONTROL

Izbor vrste kontrole kvalitete i optimizacija kontrolnog procesa povezana je s nizom čimbenika koji utječu na sam izbor kao i temeljnih načela kao što su visina troška, vrste zahtjeva, značajki kontrole i raspoloživih resursa [1]. Kontrola kvalitete prema fazi poslovanja podrazumijeva tri oblika kontrole i to: ulaznu kontrolu, međufaznu kontrolu i izlaznu (završnu) kontrolu. Ulazna kontrola je kontrola materijala i proizvoda iz nekih drugih procesa, a koji predstavljaju ulaz u kontrolirani proizvodni proces. Međufazna kontrola provodi se nakon realizirane neke proizvodne operacije ili više operacija, dok se izlazna kontrola obavlja nakon završetka tehnološke obrade i procesa proizvodnje. Kontrola kvalitete prema učestalosti

podrazumijeva stalnu, periodičnu i povremenu kontrolu. Stalna kontrola provodi se kada je rezultat proizvodnog procesa neizvjestan i postoji visoka vjerojatnost pojavljivanja nesukladnih proizvoda. Periodična kontrola provodi se kada se na osnovi iskustva očekuje neizvjesna kvaliteta na izlazu iz proizvodnog procesa, dok se povremena kontrola primjenjuje rjeđe i samo u određenim slučajevima neizvjesnosti kvalitete krajnjeg rezultata proizvodnog procesa. Kontrola kvalitete prema objektu kontrole težišno se odnosi na kontrolu tehničke dokumentacije proizvoda, kontrolu uzorka ili kontrolu cijelog skupa proizvoda na temelju reprezentativnog uzorka. Kada postoji određeno jamstvo kvalitete ulaznih komponenti iz prethodnih procesa odnosno visoka vjerojatnost dobre kvalitete rezultata proizvodnog procesa, tada se kontrola tehničke dokumentacije može primjenjivati (u suprotnome ne daje odgovarajuće rezultate), stoga je „uzorkovanje“ daleko više primijenjena metoda kontrole kvalitete. Ključno pitanje metode uzorkovanja je kako u ukupnoj proizvedenoj seriji na temelju reprezentativnog uzorka odrediti koliko je u toj masi proizvoda zastupljen loš proizvod (škart)? Naime, 100%-tna kontrola nije jeftina i nije primjenljiva u slučaju razornih ispitivanja proizvoda. Zato se ista može primijeniti samo na neke specifične značajke proizvoda koje ne zahtijevaju razaranje proizvoda. Kontrola kvalitete prema vrsti dobivenih podataka može biti kontinuirana i diskontinuirana. Prilikom kontinuirane kontrole prikupljaju se numeričke značajke proizvoda mjerenjem određenih varijabli proizvoda koje moraju biti u zadanom intervalu, dok se kod diskretne kontrole prikupljaju atributne značajke proizvoda prebrojavanjem kao cijeli brojevi koji se moraju nalaziti između definiranih vrijednosti.

Slijedom prethodno navedenog postavlja se pitanje kako odrediti reprezentativan uzorak kako bi nalaz kontrole bio pouzdan. Stoga je razvijena kontrola kvalitete prema vrsti uzorkovanja na način da su uvedeni planovi uzorkovanja koji se naročito upotrebljavaju u završnoj kontroli prije isporuke proizvoda kupcu. Planovi uzorkovanja dijele se na planove uzorkovanja temeljem atributa (npr. dobar ili loš proizvod, broj grešaka na proizvodu visok ili nizak i sl.) odnosno planove uzorkovanja na temelju varijabli (mjernih podataka) pri čemu

se primjenjuju statističke distribucije (Normalna Gaussova z-distribucija i Studentova t-distribucija). Primjena statistike u kontroli kvalitete utjecala je na razvoj kontrole kvalitete na temelju prethodno definiranih parametara kao što su: prihvatljiva razina kvalitete (eng. Acceptible Quality Level, AQL), ograničavajuća razina kvalitete (eng. Limiting Quality Level, LQL), ograničavanje kvalitete (Limiting Quality, LQ) i srednja granica neispravnosti (eng. Indifference Quality Level, IQL). Najčešće se primjenjuje AQL razina kvalitete.

Kontrola kvalitete po razini kontrole primjenjuje se onda kada se procesu kontrole zahtjeva posebna primjena ili specijalna razina kontrole. Ovakve kontrole primjenjuju se kod uobičajenih i manje problematičnih proizvodnih procesa, ali i u slučaju složenih, skupih ili kritičnih rezultata procesa kada se kontrolirani proizvod razara ili u potpunosti uništava. U slučaju kada se pristupa kontroli od blažeg, preko uobičajenog do strogog kriterija, tada se radi o kontroli kvalitete prema vrsti pristupa kontroli. Na početku se uvijek kreće s uobičajenim pregledom, a to znači uobičajena veličina uzorka i uobičajeni kriteriji za primanje ili odbijanje proizvoda. Blaži pristup primjenjuje se kod većih uzoraka u slučaju preuzimanja ili odbijanja neke serije proizvoda, dok se stroži kriterij pregleda primjenjuje na manjim veličinama uzorka u slučaju prijema ili odbijanja serije proizvoda.

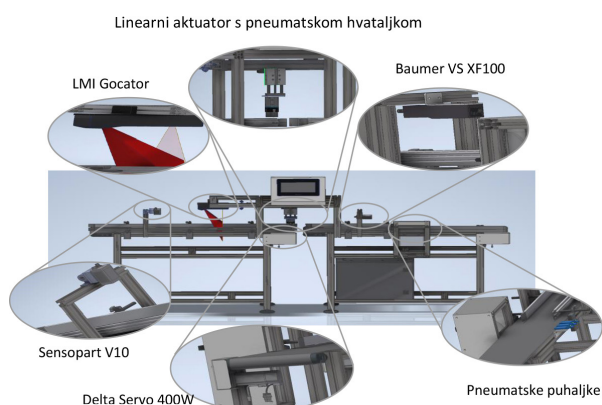
Završno je potrebno skrenuti pozornost na dvije vrste kontrole i to kontrolu kvalitete prema vrsti plana kontrole i kontrolu kvalitete prema odgovarajućoj normi koje se međusobno nadopunjuju. U prvom slučaju odluka o prihvaćanju ili odbijanju proizvoda donosi se nakon jedne od tri mogućnosti: a) kontrole jednog slučajno odabranog uzorka, b) kontrole s najviše dva slučajna uzorka i c) kontrole s više od dva slučajno odabrana uzorka. Ključno pitanje ovakvog načina kontrole je veličina uzorka pa tako ako se npr. kontrola kvalitete obavlja na temelju atributa za određivanje veličine uzorka može se primijeniti norma ISO 2895-1, dok ako se kontrola kvalitete obavlja po varijablama može se primijeniti norma ISO 3951-2. U drugom slučaju kontrola kvalitete provodi se prema nacionalnim ili međunarodnim normama kao što su ISO, IEC, EN, HRN, DIN i dr. Samo dobro odabran model kontrole kvalitete može polučiti

odgovarajuće rezultate posebno ako je spregnut s odgovarajućom tehnologijom i opremom. Primjer jednog takvog sustava opisan je i analiziran u nastavku ovog članka.

3. PROJEKTIRANI SUSTAV KONTROLE KVALITETE

3. DESIGNED QUALITY CONTROL SYSTEM

Na slici 2. prikazan je projektirani sustav kontrole s temeljnom opremom.



Slika 2 Projektirani sustav s temeljnom opremom [2]

Figure 2 Designed system with basic equipment [2]

U Tablici 1. prezentirani su glavni sklopovi sustava.

Tablica 1 Glavni sklopovi sustava [2]

Table 1 Main components of the system [2]

Servo motor 400W	Delta, ECMA – C20604RS
Servo motor 100W	Delta, ECMA – C20401SS
Servo upravljač 400W	Delta, ASD-A2-0421-E
Servo upravljač 100W	Delta, ASD-A2-0121-E
3D skener	LMI, Gocator 2140D-2-R-01-T
Industrijska kamera 1	Sensopart, Visor V10-OB-S3-W-W-M2
Industrijska kamera 2	Baumer, VS XF100M03W16EP
PLC	Delta, AX-816EP0MB1P
HMI	Weintek, cMT2108X

U Tablici 2. prezentirane su temeljne tehničke karakteristike glavnih sklopova sustava.

3.1 INDUSTRIJSKE KAMERE

3.1 INDUSTRIAL CAMERAS

Industrijske kamere koriste strojni vid (engl. Machine Vision, MV) kao optički i elektronički sustav koji može automatski digitalno snimiti višedimenzionalnu sliku objekta ili detalje na objektu i takvu snimljenu sliku može obraditi i digitalno urediti za odgovarajuću namjenu. Iako se strojni i računalni vid često poistovjećuju i promatraju kao identične tehnologije, prisutne su razlike u terminološkom određenju. Prema [3] „strojni vid tradicionalno se odnosi na korištenje računalnog vida u industrijskoj ili praktičnoj primjeni gdje je potrebno izvršiti određene funkcije ovisno o analizi koja je odrađena od strane vizualnog sustava. Računalni vid u širokom pogledu se odnosi na snimanje i automatizaciju analize slike s naglaskom na funkciju analize slike u širokom rasponu teorijskih i praktičnih primjena“. Industrijske kamere kolokvijalno se nazivaju „pametne kamere“ jer na temelju specifičnih informacija iz analize slike omogućavaju donošenje odluka u automatskom sustavu upravljanja. Opravdano je postaviti pitanje kako odabrati odgovarajuću industrijsku kameru odnosno softver namijenjen za povezivanje iste s procesnim računalom (PLC) kojim se regulira proces automatskog upravljanja? Postoji niz namjena u kojima se koristi strojni vid npr. za otkrivanje anomalija na objektu ili na detalju objekta, otkrivanje stranog objekta, automatizirano mjerenje dimenzija, mjerenje komplementarnosti i pozicije objekta, kao i kontrola osvjetljenja, prisutnosti maziva, boje konektora, udaljenosti između dva objekta (širine) i sl. Prednost strojnog vida u kombinaciji s kontrolnim sustavom sastoji se u tome da prije navedene radnje može provoditi kontinuirano u dugom vremenskom periodu i što je još važnije brzinom proizvodnog procesa.

Industrijske kamere mogu se opisati i kao skup optičkih senzora visoke kompleksnosti [3] koji integrirani s procesorom i inteligentnim alatima za obradu slike, pružaju prema (V. Medlenski, 2016:6) mogućnost izvlačenja informacija i saznanja iz slike odnosno na temelju istih usmjeravaju rad automatskih kontrolnih sustava. Takvi optički senzori mogu koristiti slike industrijskih kamera za utvrđivanje prisutnosti,

Naziv	Opis
Servo motor 400W ECMA - C20604RS	- 220V, 3000 okretaja/min - 17- bit inkrementalni enkoder - Bez kočnice
Servo motor 100W ECMA - C20401SS	- 220V, 3000 okretaja/min - 17- bit inkrementalni enkoder - S kočnicom
Servo upravljač 400W / 100W ASD-A2-0421-E ASD-A2-0121-E	- 220V, 1 faza / 3 faze - 0 – 250 Hz izlazne frekvencije - Upravljanje u zatvorenoj petlji - Ekstenzija za digitalne ulaze - EtherCAT komunikacija
3D Skener Gocator 2140D-2-R-01-T	- Brzina skeniranja 170 do 5000Hz - Laser klase 2 - Vidno polje 96 – 194 mm - Rezolucija po Z osi cca 0.025 mm, po X osi cca 0.27 mm - Gigabit Ethernet komunikacijsko sučelje
Industrijska kamera 1 Visor V10-OB-S3-W-W-M2	- 1/3.6“ monokromirani senzor - Rezolucija slike 800 x 600 piksela - Fokus pogonjen motorom - Integrirano crveno osvjetljenje - ProfiNET / EtherNET/IP komunikacijska sučelja
Industrijska kamera 2 VS XF100M03W16EP	- 1/3“ monokromirani senzor - Rezolucija slike 752 x 480 piksela - Integrirano bijelo osvjetljenje, - EtherNET7IP komunikacijsko sučelje
PLC AX-816EP0MB1P	- Motion controler - 16 osi upravljanja - EtherCAT komunikacijsko sučelje - Baziran na CODESYS programskom okruženju - 8 digitalnih ulaza i 8 digitalnih izlaza
HMI cMT2108X	- 10“ TFT ekran s rezistivnim zaslonom na dodir - Rezolucija 800 X 480 - USB, 2 x Ethernet, RS 485 i RS232,

Tablica 2
Temeljne
tehničke
karakteristike
[2]

Table 2 Basic
technical
characteristics
[2]

orijentacije i točnosti dijelova. Bitno je naglasiti kako se optički senzori razlikuju od „sustava za pregled slike“ jer su sama kamera, svjetlo i kontroler integrirani u jedinstveni uređaj. Optički senzori koriste se u automatiziranim proizvodnim linijama za potrebe osiguranja kvalitete proizvoda, provjeru ujednačenosti unutar i kroz serije proizvoda odnosno koriste se u industriji hrane i pića, montažnim linijama, automobilske industriji, robotici i općenito u proizvodnim pogonima.

Na slici 3. prikazan je optički senzor SensoPart VISOR V10 koji je korišten za kontrolu kvalitete. Njegova je zadaća bila inicijalna provjera prisutnosti naljepnice na proizvodu.



Slika 3 Optički senzor SensoPart VISOR V10 [4]

Figure 3 Optical sensor SensoPart VISOR V10 [4]

U prezentiranom projektu korišteni su inteligentni alati kao što su: usporedba uzoraka (eng. Pattern matching), detektor za detekciju izbočina ili

udubina na ravnim površinama odnosno senzor za detekciju binarnih anomalija na ravnoj površini (eng. Binary Large Object ili Binary Labeled Objekt, BLOB), optičko prepoznavanje znakova (eng. Optical Character Recognition, OCR) i detektor kontura (eng. Contour Detection). Usporedba uzoraka uspoređuje etalonski uzorak s uzorkom kojeg senzor snima. Opcijom „Trashold“ može se definirati kolika je tolerancija sličnosti između etalona i uzorka, a definiranjem kuta „Angle range“ definira se tolerancija pozicioniranja uzorka. Značajniji alati kada se govori o prilagodbi slike na vanjske svjetlosne utjecaje i kvalitetu slike su alati za obradu slike i predprocesuiranje slike, a prilagodbe ekspozicije i fokusa se osim manualno mogu izvesti i automatski.

Na slici 4 prikazana je Baumer VF XF100 kamera koja provjerava poziciju naljepnice na objektu. Potvrđuje da je naljepnica pozicionirana u sredini proizvoda uz određenu toleranciju.



Slika 4 Baumer VF XF100 kamera [5]

Figure 4 Baumer VF XF100 camera [5]

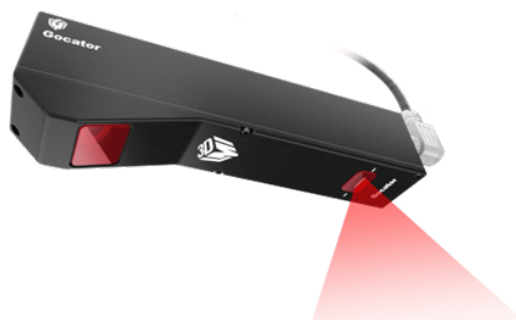
Optički senzor SensoPart VISOR V10 kao i Baumer VF XF100 kameru potrebno je programirati. U slučaju optičkog senzora programiranje se odnosi na prilagodbu IP adrese senzora odgovarajućoj mrežnoj IP adresi računala za obradu slike gdje je osim toga potrebno odrediti odgovarajući fokus i svjetlinu slike kroz prilagodbu leće, odrediti odgovarajuće filtere za obradu slike odnosno programirati detektor prisutnosti QR koda i čitanje teksta. U slučaju programiranja Baumer VF XF100 kamere potrebno je konfigurirati komunikacijske parametre kamere s računalom (IP adrese) pri čemu se koristi Ethernet komunikacija, odrediti optimalno vrijeme ekspozicije i mehanički podesiti fokus leće kako bi QR kod bio vidljiv. Slijedi programiranje detektora odnosno akvizicije slike okidane pomoću digitalnih signala s PLC-a na način da kamera učinkovito detektira je li

naljepnica na poziciji stoga se primjenjuje detektor broja rubova. Završno je potrebno podesiti digitalne izlaze o ispravnoj ili neispravnoj detekciji.

3.2 3D SKENER

3.2 3D SCANNER

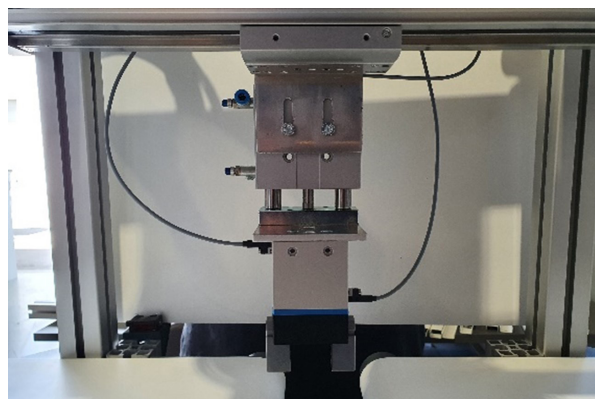
Na slici 5 prikazan je LMI Gocator 3D skener za brzo i precizno mjerenje, a koji služi za brzu i stacionarnu 3D inspekciju dijelova proizvoda.



Slika 5 LMI Gocator 3D skener [6]

Figure 5 LMI Gocator 3D scanner [6]

LMI Tehnologija je laserska tehnologija pametnih 3D senzora za brzo i precizno mjerenje, a posebno su to proizvodi Gocator i FocalSpec koji omogućavaju u tvorničkim uvjetima postizanje 100% kontrole i smanjenje otpada (škarta) optimizacijom i poboljšanjem učinkovitosti automatizirane kontrole kvalitete. U prezentiranom projektu LMI Gocator prikuplja informacije o dimenzijama objekata i poziciji objekta. Provjerava se je li objekt dovoljne širine i dobro pozicioniran da ga pneumatska hvataljka može prihvatiti i prenijeti na drugi transporter. Na slici 6. prikazana je pneumatska hvataljka.



Slika 6 Pneumatska hvataljka [2]

Figure 6 Pneumatic gripper [2]

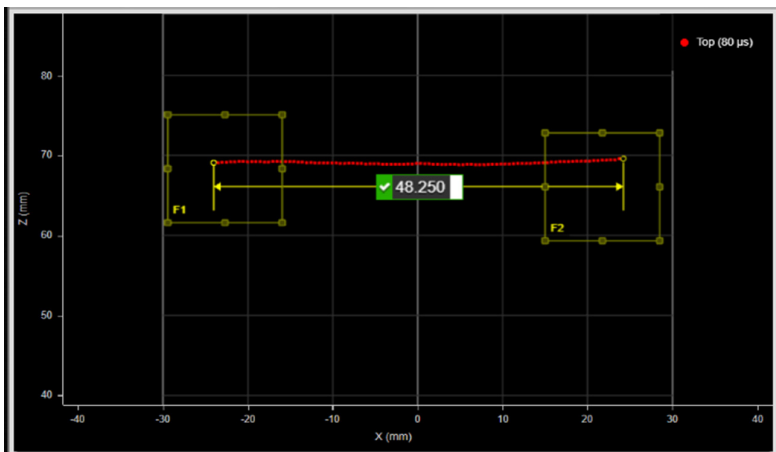
Pneumatska hvataljka limitirana je na 30 mm širine i pričvršćena na linearni aktuator pogonjen servo pogonom snage 100 W, kako je prikazano na slici 2. Na ovom mjestu u procesu kontrole kvalitete odvija se selekcija ispravnih od neispravnih proizvoda u odnosu na postavljene uvjete. Sljedeći uvjeti moraju biti ispunjeni: a) prisutnost QR koda, b) prisutnost definiranog teksta na objektu, c) proizvod mora biti odgovarajuće širine i d) proizvod mora biti točno pozicioniran. U slučaju da nisu ispunjeni uvjeti pneumatska hvataljka će se podignuti i proizvod će pasti između dvije transportne trake.

Programiranje LMI Gocator 3D skenera provodi se putem programskog sučelja upisivanjem IP adrese skenera u Internet preglednik. Nakon podešavanja IP adresa primjenjuje se „Gocator Accelerator“ koji dopušta skeneru da koristi procesor računala za vrijeme programiranja skenera kako bi programiranje bilo brže i ne bi opterećivalo skener. Gocator skener s PLC-om komunicira preko „Modbus“ komunikacije za koju je na PLC-u i na skeneru potrebno postaviti

komunikacijske parametre i postavke (Ethernet Modbus protokol). Potrebno je voditi računa da se ne preoptereći ili „zaguši“ EtherCAT komunikacija između PLC-a i servo pogona koja je znatno brža od Modbus komunikacije, stoga se uvodi novi zadatak (Task) unutar procesnog programa koji je nižeg prioriteta od postojećeg EtherCAT zadatka i dodaje se Ethernet uređaj, Modbus „Master“ i Modbus „Slave“ koji se ciklički oslanjaju na novostvoreni „Task“ nižeg prioriteta.

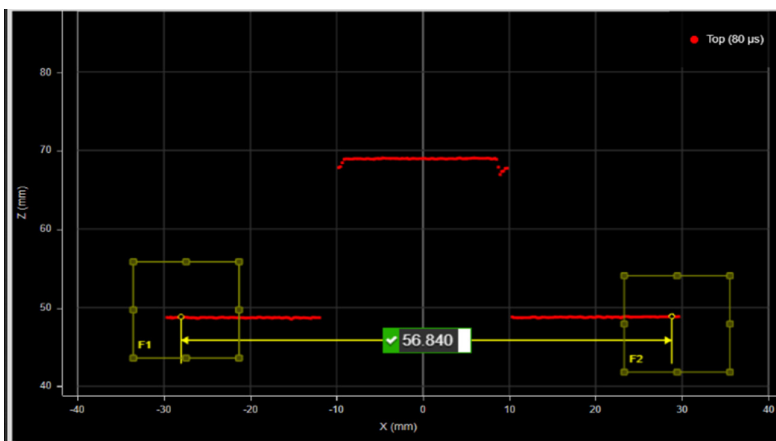
Kako bi skener mogao ispravno raditi potrebno je odrediti rezoluciju endkodera servomotora na temelju sljedeće relacije. Naime, iako skener očitava takt endkodera nije poznato koliko to iznosi milimetara udaljenosti. Stoga se mjerenjem na transporteru određuje vrijednost endkodera u krajnjoj ($Enkodr_{Krajnja}$) i referentnoj točki ($Enkodr_{Ref}$) za poznatu udaljenost. Isto se unosi u sljedeću relaciju i izračunava rezolucija endkodera.

$$Rezolucija = \frac{Udaljenost [mm]}{Enkodr_{Krajnja} - Enkodr_{Ref}}$$



Slika 7 Mjerenje dužine proizvoda pomoću Gocator 3D skenera [2]

Figure 7 Measurement of product length using Gocator 3D scanner [2]



Slika 8 Mjerenje širine proizvoda pomoću Gocator 3D skenera [2]

Figure 8 Measurement of product width using Gocator 3D scanner [2]

Završno je potrebno odrediti polje skeniranja kao zadatka unutar skenera jer skener registrira proizvod i transporter. Kako je fokus na proizvodu potrebno je bilo pomoću filtera odrediti polje skeniranja, a dimenzije koje mjeri skener jesu širina i dužina proizvoda. Iz tog se razloga u izborniku mjerenja definiraju točke mjerenja odnosno granice unutar koji se rezultati mjerenja smatraju ispravnima. Točnost mjerenja izražava se u milimetrima (treća decimala).

Na slici 7. prikazana je točnost mjerenja dužine proizvoda pomoću Gocator 3D skenera, dok je na slici 8. prikazana točnost mjerenja širine proizvoda pomoću Gocator 3D skenera

4. UPRAVLJANJE PROCESA I VIZUALIZACIJA

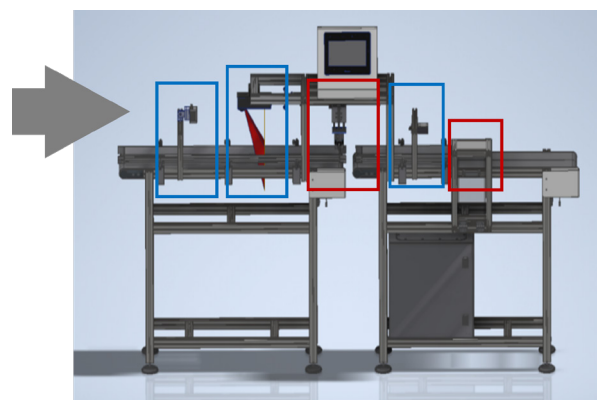
4. PROCESS CONTROL AND VISUALIZATION

Upravljanje procesa provodi se uz pomoć procesnog računala PLC-a serije AX-8 proizvođača Delta Electronics, a procesna logika izrađena je u programskom okruženju CODESYS pomoću programskih i funkcijskih blokova. Prvi korak u programiranju bila je uspostava liste globalnih varijabli koje se mogu pozvati u svim programskim i funkcionalnim blokovima, no ujedno su bile važne za povezivanje procesne logike i objekata na HMI sučelju (tipkala, sklopke, indikatori i sl.). Zatim je uspostavljena EtherCAT komunikacija kroz EtherCAT mrežu koju podržava PLC serije AX-8 i ostvarena je komunikacija s PLC periferijom. U konkretnom projektu radi se o jednoj kartici digitalnih ulaza, jednoj kartici digitalnih izlaza i 3 servo upravljača. Važno je naglasiti kako je EtherCAT komunikaciju potrebno bilo konfigurirati u CODESYS projektu, a u slučaju servo upravljača potrebno je bilo izvršiti parametriranje servo upravljača. Završno definirani su bili ulazi i izlazi na PLC-u (kartica digitalnih ulaza i digitalnih izlaza).

Programski kod je napisan u dva programska jezika. Za funkcijske blokove kod je pisan u strukturiranom tekstu (eng. Structured Text, ST), a za programske blokove u „Ladder“ dijagram logici, s izuzetkom (blokom za manualni rad) koji

je pisan također u „ST-u“. Za potrebe projekta izrađen je izvorni programski kod koji se nalazi u diplomskom radu (Panadić T., 2022).

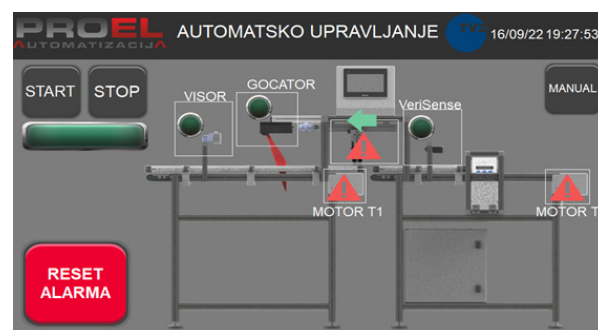
Vizualizacije procesa kontrole kvalitete proizvoda ostvareno je pomoću HMI sučelja koje podržava dva načina rad sustava – automatski i manualni (ručni). Kako bi se pobliže prezentirale funkcije i prozori HMI sučelja potrebno je naglasiti kako se proizvod (predmet kontrole kvalitete) kreće se lijeva na desno kako je prikazano na slici 9.



Slika 9 Kretanje proizvoda kao objekta kontrole kvalitete [2]
Figure 9 Product movement as an object of quality control [2]

Plavi kvadrati ukazuju na punktove detekcije objekata kontrole kvalitete, dok crveni kvadranti ukazuju na punktove razvrstavanja ispravnih i neispravnih objekata odnosno punktove izbacivanja neispravnih objekata s transportera.

Na slici 10. prikazan je prozor automatskog rada. Početni zaslon je ujedno i prozor automatskog upravljanja. Na početnom zaslonu je postavljena slika transportera sa svim komponentama.

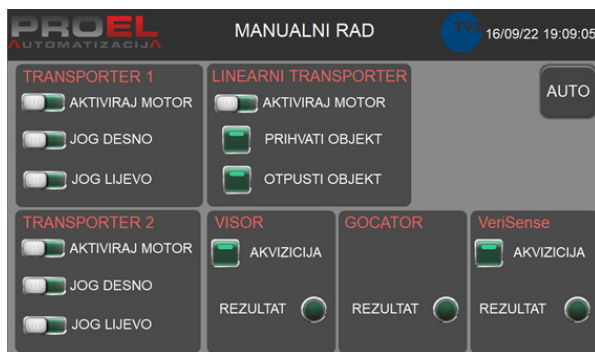


Slika 10 Automatski način rada sustava [2]
Figure 10 Automatic system operation mode [2]

Pokretanje i zaustavljanje automatskog rada sustava ostvaruje se pomoću tipki „START“ i

„STOP“, a ispod njih nalazi se indikator rada sustava. Jednako tako kod svake kamere nalazi se po jedan indikator stanja koji ne svijetli ako nema očitavanja objekta dok svijetli zeleno ako objekt zadovoljava definirane uvjete (prethodno navedene u tekstu). U suprotnome ako uvjeti nisu zadovoljeni indikator svijetli crvenom bojom. Strelice iznad linearnog transportera pokazuju smjer kretanja i počinju treperiti kada su transporteri u radu odnosno strelice pokazuju smjer kretanja trake transportera. Za promjenu načina rada iz automatskog moda u manualni (ručni) mod u desnom gornjem kutu se nalazi tipkalo kojim se to ostvaruje. U slučaju greške na svakom se motoru pojavljuje trepereća oznaka greške, a u lijevom donjem kutu nalazi se tipkalo za otklanjanje greške „Reset Alarma“.

Na slici 11 prikazan je prozor za manualni (ručni) rad. Korisnik može upravljati svim segmentima sustava samostalno.



Slika 11 Manualni (ručni) način rada sustava [2]

Figure 11 Manual system operation mode [2]

U manualnom (ručnom) načinu rada može se konstantno pomicati lijevo ili desno transporterima. Kod linearnog transportera ne postoji mogućnost „manjeg“ pomicanja lijevo ili desno, no postoji opcija prihvata i otpuštanja objekta pomoću pneumatske hvataljke. Pritiskom na tipkalo „griper“ ostvaruje se sekvenca prihvata ili otpuštanja uključujući i kretanje. Kamere omogućuju dvije komponente upravljanja i to su „akvizicija slike“ i „rezultat“. Akvizicija za VISOR i VeriSense kamere ostvaruje se pomoću tipkala (jer se okida jedna slika) dok za Gocator 3D skener nije potrebna naredba za akviziciju jer se u tu svrhu koristi takt enkodera motora. Rezultat snimanja/skeniranja prikazan je u dvije boje - zeleno ako je objekt valjan, a crveno ako nije.

Pritiskom na svaku od kamera i svaki od transportera otvara se prozor s informacijama o tom segmentu sustava. Na slici 12. prikazane su informacije o statusu Visor kamere i VeriSenes kamere, zatim na slici 13. Gocator 3D skenera i završno na slici 14. informacije o upravljanju tračnim transporterima odnosno lineranim aktuatorom.



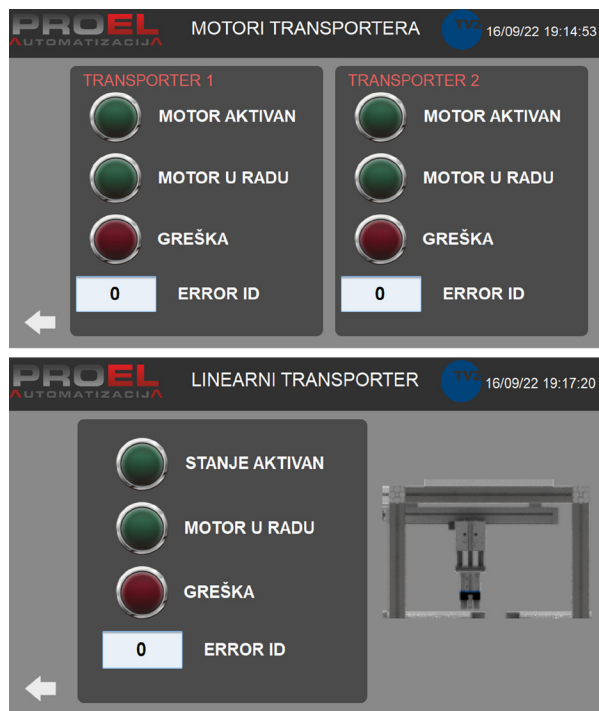
Slika 12 Statusne informacije Visor i VeriSenes kamere [2]

Figure 12 Visor and VeriSenes camera status information [2]



Slika 13 Statusne informacije Gocator 3D skenera [2]

Figure 13 Gocator 3D scanner status information [2]



Slika 14 Statusne informacije upravljanja tračnim transporterom i lineranim aktuatorom [2]

Figure 14 Status information of the control of the belt conveyor and the linear actuator [2]

5. ZAKLJUČAK

5. CONCLUSION

U članku su predstavljeni rezultati razvoja i projektiranja originalnog sustava za kontrolu kvalitete proizvoda primjenom suvremenih tehnologija i brendirane opreme, a radi se o transportnom sustavu za inspekciju i identifikaciju predmeta pomoću optičkih senzora i industrijskih kamera koji služi za automatiziranu kontrolu kvalitete. Obuhvaćeno je programiranje Sensopart Visor senzora, LMI Gocator 3D skenera i Baumer VeriSense senzora, programiranje u CODESYS

okruženju i programiranje Weintek HMI panela, parametriranje Servo sustava ASDA-A2 te uspostava Ethernet i EtherCAT komunikacijskih protokola između komponenti.

Cijeli proces izrade projekta bio je kompleksan zbog korištenje različitih tehnologija različitih brendova opreme što je izazivalo probleme u uspostavi komunikacije te komplikacije prilikom konfiguracije sustava. Problemi su najčešće bili vezani za komunikacijske protokole odnosno prilikom uspostave EtherCAT komunikacije između Servo upravljača i PLC-a gdje je bilo najviše problema. Podešavanje parametara motora je bilo zahtjevno.

Produkt projekta koji je ujedno i diplomski rad je cjelovit sustav u kojem su iskorištene sve komponente koje sustav sadrži. Rad sustava je koncipiran kao pokazna vježba za studente koji će ubuduće raditi na laboratorijskom sustavu. Pokretanje elastične trake servo motorima mora biti postepeno i blago te ne smije biti naglih izmjena smjera i brzine, a jednako tako servo motor treba ugasiti po zaustavljanju trake jer u suprotnome dolazi do dugotrajnog smirivanja i trzanja trake. S HMI-om i industrijskim kamerama nije bilo poteškoća, dok se kod Gocator 3D skenera dogodila greška prilikom ožičenja. Zbog krivog ožičenja 3D skener nije dobivao ispravan puls enkodera motora koji pogoni transporter zbog čega su dimenzije skeniranog objekta bile krive. Pregledom i ispravkom na ožičenju, skener je radio ispravno.

Krajnji rezultat projekta bio je funkcionalni sustav (hardware) i programska podrška (software) za potrebe provođenja laboratorijskih vježbi iz skupine kolegija automatizacije u laboratoriju Tehničkog veleučilišta u Zagrebu.

6. REFERENCE

6. REFERENCES

- [1.] Kondić V.; Bojanić B.; Kondić Ž., Izbor optimalne varijante kontrole kvalitete rezultata procesa; Tehnički glasnik 9, 2(2015); ISSN 1846-6168; pp.153-158
- [2.] Panadić T., „Inspekcija kvalitete i identifikacija proizvoda pomoću 3D skenera i industrijskih kamera na servo transporter“, Tehničko veleučilište u Zagrebu, diplomski rad, 2022.
- [3.] Živkušić D. „Primjena računalnog vida u kontroli kvalitete“ Veleučilište u Karlovcu, završni rad, 2020., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:007595>
- [4.] Mandalin M.; Elite sensor system SDN BHD, Sensopart Visor Vision Sensor for automation“, www.elitesensor.net/ourproducts/cid/411713/, preuzeto:03.01.2023.
- [5.] Baumer – Passion for Sensors, VerySens vision sensors; www.baumer.com/verisines, preuzeto: 10.01.2023.
- [6.] Gocator – 3D Smart Sensors, LMI Technologies, lmi3d.com/brand/gocator-3d-smart-sensors/; preuzeto:13.01.2023.

AUTORI · AUTHORS



• **Tin Panadić** - mag. ing. stro., nakon završetka Zrakoplovne tehničke škole Rudolf Perešin, upisuje 2017. godine Tehničko veleučilište u Zagrebu, smjer redovnog studija mehatronike. Po završetku preddiplomskog studija stječe titulu prvostupnika mehatronike te upisuje diplomski studij strojarstva s usmjerenjem robotike i mehatronike. Završetkom diplomskog studija 2022. godine stječe naziv magistar inženjer strojarstva. Diplomski rad izrađuje pod vodstvom prof. dr. sc. Daria Matike, a u suradnji s tvrtkom Proel Automatizacija d.o.o. koja je jedna od tvrtki unutar PROEL grupacije.

Korespondencija · Correspondence

panadic.tin@gmail.com

• **Dario Matika** - nepromijenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 8, No. 4, 2020.

Korespondencija · Correspondence

dario.matika@tvz.hr