

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Karlo Mišković

**MaintLAB BTS-P DAQ - NADOGRAĐNJA LABORATORIJSKOG UREĐAJA
ZA UBRZANU DEGRADACIJU STANJA LEŽAJEVA RAČUNALNIM
SUSTAVOM ZA PRIKUPLJANJE I OBRADU PODATAKA**

Zagreb, 2024. godina.

Ovaj rad izrađen je u Laboratoriju za održavanje, Zavodu za Industrijsko inženjerstvo, Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom dr. sc. Davora Kolara, docenta, i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2023./2024.

POPIS I OBJAŠNJENJE KRATICA

- **PdM** – Prediktivno održavanje (Predictive Maintenance)
- **BTS-P** – Simulator ispitivanja ležajeva - Prognostički (Bearing Test Simulator-Prognostic)
- **API** – Programsko sučelje za aplikacije (Application Programming Interface)
- **FastAPI** – Framework za razvoj visokoučinkovitih API-ja
- **React** – JavaScript knjižnica za izradu korisničkih sučelja
- **LabJack T7 Pro** – Uređaj za prikupljanje i obradu podataka
- **DOM** (Document Object Model): Model dokumenta korišten za manipulaciju web stranicama.
- **ORM** (Object-Relational Mapping): Tehnika mapiranja objekata na relacijske baze podataka.
- **ADC** (Analog to Digital Converter): Analogno-digitalni pretvarač.
- **ACID** (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability): Skup svojstava baza podataka koja osiguravaju transakcijsku pouzdanost.
- **REST** (Representational State Transfer): Arhitektonski stil za komunikaciju između sustava putem HTTP protokola.
- **MySQL**: Relacijski sustav za upravljanje bazom podataka.
- **SQLAlchemy**: Python ORM alat za rad s relacijskim bazama podataka.
- **RTC** (Real-Time Clock): Sat stvarnog vremena.
- **parquet.gzip**: Komprimirani format za pohranu podataka.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA	5
3. MATERIJAL I METODE	7
5. REZULTATI	32
6. RASPRAVA.....	37
7. ZAKLJUČAK.....	41

1. UVOD

Brza i precizna dijagnostika stanja industrijskih sustava ključna je za osiguranje dugovječnosti i pouzdanosti opreme, osobito u kontekstu prediktivnog održavanja (PdM). S obzirom na složenost industrijskih procesa i njihovu osjetljivost na kvarove ključnih komponenti, izuzetno je važno razviti napredne računalne sustave za prikupljanje, obradu i analizu podataka u stvarnom vremenu. Ovaj projekt nadogradnje prognostičkog simulatora za ispitivanja ležajeva u cjelokupni laboratorijski sustav za procjenu i vizualizaciju ubrane degradacije stanja ležajeva ima za cilj unaprijediti mogućnosti prikupljanja i obrade podataka pomoću razvoja i integracije računalnog sustava temeljenog na uređaju LabJack T7 Pro. Tako razvijeni sustav podržavat će osnovnu funkcionalnost ubrane simulacije degradacije ležajeva postojećeg uređaja. No, implementacijom novorazvijenog informacijskog sustava bit će omogućena detaljna analiza eksperimentalnih podataka u cilju procjene stanja ležajeva, a u svrhu daljnje optimizacije strategija održavanja.

Korištenje web-baziranog rješenja temelji se na suvremenim tehnologijama koje omogućuju prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu, kao i njihovu vizualizaciju. Odabrani laboratorijski uređaj za prikupljanje podataka LabJack T7 Pro omogućuje mjerenje ključnih parametara, poput vibracija i aksijalnog opterećenja, čime se osigurava podrška za analizu podataka i donošenje odluka temeljenih na realnim uvjetima. Ovako realiziran sustav omogućit će napredne mogućnosti prikupljanja podataka sa senzora postavljenih na uređaju, što u kasnijoj fazi oslobađa prostor za optimizaciju cjelokupnog sustava održavanja sličnih sustava u industrijskim okruženjima kroz razvoj modernih strojno naučenih modela za procjenu stanja industrijske opreme. Istraživački gledano, svrha ovako zamišljenog rješenja ogleda se u mogućnosti prilagođenog prikupljanja podataka što optimizira tijek istraživanja.

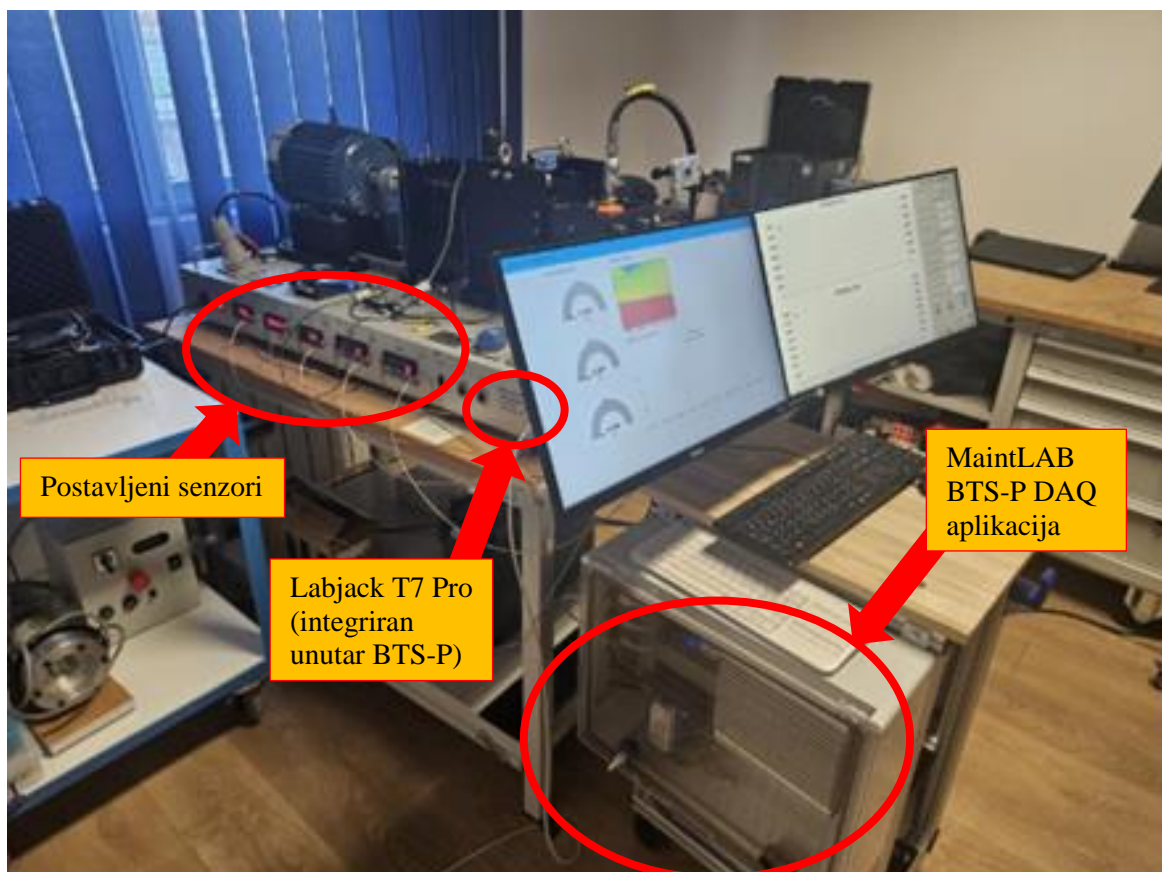
1.1. Pregled sustava

Nadogradnja laboratorijskog uređaja u cjelokupni laboratorijski sustav fokusira se na razvoj web-baziranog informacijskog sustava za ubranu degradaciju stanja ležajeva, optimiziranog za prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu. Informacijski sustav će kao tehnološku platformu za prikupljanje podataka sa senzora instaliranih na laboratorijski simulator koristiti LabJack T7 Pro. Tako zamišljeni i realizirani sustav omogućuje udaljenu konfiguraciju LabJack T7 Pro uređaja, prikupljanje podataka sa senzora, pohranu podataka u formatu pogodnom za

daljnju obradu, ali i vizualizaciju rezultata putem web sučelja, koristeći tehnologije poput FastAPI-ja i React-a.

U konačnici, primjenom navedenih tehnologija omogućena je skalabilnost i prilagodljivost sustava kasnijim zahtjevima za nadogradnju. Kao jedan od pretpostavljenih zahtjeva ističe se mogućnost integracije s računalnim algoritmima za dubinsku analizu podataka i strojno učenje, a koja bi osigurala pravovremeno prepoznavanje kritičnih točaka u radu ležajeva temeljena na modelima naučenim na realnim podacima iz laboratorijskog okruženja [1] i [2]. Glavne komponente konačnog sustava dodatno su objašnjene u podpoglavljima 1.2 i 1.3.

1.2. Pregled prognostičkog simulatora za ispitivanja ležajeva



Slika 1. Prognostički simulator za ispitivanja ležaja

Prognostička simulacija kvarova ključna je komponenta prediktivnog održavanja u industrijskim okruženjima. U sklopu ovog projekta koristi se uređaj Bearing Test Simulator-Prognostic (BTS-P) za simulaciju ubrane degradacije ležajeva. BTS-P omogućuje simulaciju

rada ležajeva pod različitim uvjetima opterećenja, uključujući vertikalna i aksijalna opterećenja, što omogućuje preciznu procjenu stanja i preostalog vijeka trajanja ležajeva.

Analizom podataka prikupljenih pomoću BTS-P simulacija, moguće je razviti prediktivne modele koji omogućuju optimizaciju planova održavanja te smanjenje rizika od neočekivanih kvarova kritičnih komponenata u industrijskim procesima.

1.3. Integracija s LabJack T7 Pro

LabJack T7 Pro uređaj, prikazan na Slika 2, je ključna komponenta za prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu u ovom projektu. Opremljen je 24-bitnim sigma-delta ADC-om za precizno mjerenje analognih signala, a podržava do 14 analognih ulaza. Uz mogućnost povezivanja putem WiFi-a, omogućuje daljinsko prikupljanje podataka te lokalno pohranjivanje na MicroSD karticu.

Kao što je prikazano na slici 1, LabJack T7 Pro integriran je s Bearing Test Simulator-Prognostic (BTS-P) za praćenje ključnih parametara, uključujući vibracije, temperaturu, brzinu okretaja te vertikalno i aksijalno opterećenje. Prikupljeni podaci se automatski obrađuju i prikazuju putem web sučelja, pružajući korisnicima detaljne analize stanja ležajeva i podržavajući donošenje odluka o održavanju.



Slika 2. Labjack T7 Pro

LabJack T7 Pro pruža visoku razinu preciznosti u prikupljanju podataka, a njegova fleksibilnost omogućuje integraciju s raznovrsnim softverskim alatima, što ga čini pogodnim za širok spektar

industrijskih primjena. Odabirom navedenog uređaja omogućuje se prilagodljivo prikupljanje podataka sa različitih tipova senzora.

2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Ovo poglavlje obuhvaća pregled općih i specifičnih ciljeva koji su postavljeni pri razvoju informacijskog sustava za ubrzanu degradaciju stanja ležajeva, s posebnim naglaskom na prikupljanje i obradu podataka u stvarnom vremenu. Razvijeni sustav ima za cilj unaprijediti proces prediktivnog održavanja kroz integraciju hardverskih i softverskih komponenti koje omogućuju precizno praćenje stanja opreme. U nastavku su prikazani glavni ciljevi projekta, funkcionalni zahtjevi te konkretni koraci provedeni u realizaciji sustava.

2.1. Ciljevi i svrha

Glavni cilj ovog projekta je nadogradnja postojećeg laboratorijskog uređaja za ubrzanu degradaciju stanja ležajeva u cjelokupni laboratorijski sustav kroz izradu integriranog informacijskog sustava za prikupljanje, obradu i vizualizaciju podataka u stvarnom vremenu. Sustav se razvija s ciljem poboljšanja podrške prikupljanja i obrade podataka sa simulatora za degradaciju stanja ležajeva instaliranog unutar Laboratorija za održavanje, a koji se koristi za razvoj modela za procjenu stanja opreme te optimizaciju strategija održavanja u okviru prediktivnog održavanja (PdM).

Prognostička simulacija kvarova osigurava pravovremenu identifikaciju potencijalnih problema unutar sustava, čime se smanjuje rizik od iznenadnih kvarova kritičnih komponenata. Ovaj informacijski sustav omogućuje prikupljanje i analizu podataka pomoću uređaja LabJack T7 Pro, koji služi kao platforma za mjerenje ključnih parametara kao što su vibracije i aksijalno opterećenje. Glavna svrha ovog sustava je pružiti kvalitetan alat za donošenje odluka, temeljen na stvarnim podacima, čime se povećava učinkovitost održavanja i smanjuju troškovi povezani s neočekivanim kvarovima.

Specifični ciljevi projekta su:

- Razvoj mrežnog sučelja za integraciju LabJack T7 Pro uređaja s računalnim sustavima za prikupljanje i obradu podataka.
- Dizajn i implementacija baze podataka za pohranu eksperimentalnih podataka te njihovo pretraživanje i analizu.
- Razvoj korisničkog sučelja za praćenje eksperimenata i vizualizaciju rezultata napravljenih u stvarnom vremenu.

2.2. Početni zahtjevi za funkcionalnost i realizacija

Početni funkcionalni zahtjevi definiraju osnovne komponente sustava i korake u implementaciji ključnih funkcionalnosti potrebnih za integraciju uređaja LabJack T7 Pro s informacijskim sustavom. U Tablica 1 prikazani su ključni zahtjevi za povezivanje, prikupljanje, pohranu i vizualizaciju podataka, kao i realizacija tih zahtjeva unutar sustava.

Tablica 1. Početni zahtjevi za funkcionalnost i realizacija

Zahtjevi za funkcionalnost	Realizacija
Povezivanje s LabJack T7 Pro uređajem putem mrežnog sučelja	Razvijeno je mrežno sučelje koje omogućuje stabilnu i sigurnu komunikaciju s uređajem LabJack T7 Pro.
Prikupljanje podataka sa senzora pomoću definiranih biblioteka	Implementirane su specijalizirane biblioteke koje omogućuju kontinuirano prikupljanje podataka sa senzora.
Izrada baze podataka za pohranu prikupljenih podataka	Dizajnirana je i implementirana relacijska baza podataka za dugotrajnu pohranu i brz pristup prikupljenim podacima.
Izrada formi za vođenje zbirki podataka	Razvijene su forme korisničkog sučelja za unos, pregled i ažuriranje eksperimentalnih podataka.
Izrada formi za vizualizaciju prikupljenih podataka	Implementirane su forme koje omogućuju vizualizaciju podataka u obliku grafova i tablica unutar korisničkog sučelja.

Ovi zahtjevi definiraju osnovne funkcionalnosti sustava te predstavljaju temelj za daljnju implementaciju naprednijih značajki. Povezivanje hardverskih komponenti, kao što je LabJack T7 Pro, s računalnim sustavom omogućava kontinuirano prikupljanje podataka sa senzora, dok relacijska baza podataka osigurava dugoročno čuvanje tih podataka i olakšava njihovu analizu. Razvoj korisničkog sučelja usmjeren je na pružanje intuitivnog i jednostavnog načina za praćenje eksperimenata i analizu rezultata. Sljedeći koraci u razvoju aplikacije usmjereni su na daljnju optimizaciju performansi i funkcionalnosti sustava te poboljšanje korisničkog iskustva u radu s aplikacijom.

3. MATERIJAL I METODE

U ovom poglavlju detaljno su opisane ključne tehnologije, arhitektura sustava te procesi postavljanja i konfiguracije korišteni u nadogradnji laboratorijskog sustava za ubrzanu degradaciju stanja ležajeva, integriranog s uređajem LabJack T7 Pro. Ove komponente omogućuju stabilnost, učinkovitost i preciznost sustava za prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu, uz osiguranje sigurnosti, pouzdanosti i skalabilnosti sustava.

3.1. Tehnologije korištene u razvoju

Razvoj sustava temelji se na korištenju sljedećih ključnih tehnologija:

- **FastAPI:** Okvir za izradu pozadinskih aplikacija temeljenih na Pythonu. FastAPI omogućuje brz razvoj API-ja (sučelja za programiranje aplikacija) visokih performansi s asinkronom obradom, što je presudno za obradu velikog broja simultanih zahtjeva.
- **React:** Korišten za razvoj korisničkog sučelja aplikacije, pružajući dinamično i interaktivno korisničko sučelje putem modularnih komponenti.
- **TypeScript:** Koristi se za statičko tipiziranje unutar React koda, čime se smanjuje mogućnost grešaka vezanih uz tip podataka te povećava sigurnost i održivost koda.
- **MySQL:** Relacijska baza podataka koja omogućuje dosljednu i pouzdanu pohranu podataka, ključnu za obradu velikih volumena eksperimentalnih podataka.
- **LabJack T7 Pro:** Višenamjenski uređaj za prikupljanje podataka u stvarnom vremenu, kompatibilan s raznim senzorskim ulazima, korišten za industrijske i istraživačke aplikacije.

3.1.1. FastAPI

FastAPI je temeljni alat za razvoj pozadinske infrastrukture integrirane s LabJack T7 Pro uređajem. FastAPI je izgrađen na Pythonu i nudi performanse visoke razine, asinkrono rukovanje zahtjevima te automatsko generiranje dokumentacije API-ja (sučelja za programiranje aplikacija) prema OpenAPI standardima. Pomoću FastAPI-ja osigurava se pouzdanost u rukovanju velikim brojem istovremenih zahtjeva, što je ključno za sustave koji se izvode u realnom ili približno realnom vremenu poput onog razvijenog za analizu stanja ležajeva. Također, integrirana je validacija podataka koja jamči sigurnost i integritet prikupljenih i obrađenih informacija [6] i [7].

3.1.2. *React*

React je izabran za korisničko sučelje aplikacije zbog svoje modularne arhitekture koja omogućuje razvoj responzivnih i dinamičnih sučelja. Korištenjem virtualnog DOM-a (Document Object Model), React smanjuje učestalost ponovnog renderiranja sučelja, što doprinosi boljoj izvedbi aplikacije. Ovaj okvir pruža jednostavnost u radu s komponentama korisničkog sučelja, a alate poput TanStack Query i Tailwind CSS dodatno optimiziraju razvoj aplikacije. TanStack Query omogućuje automatsko upravljanje pozivima za prikupljanje i predmemoriranje podataka, dok Tailwind CSS ubrzava proces stiliziranja aplikacije kroz unaprijed definirane klase [8] i [9].

3.1.3. *TypeScript*

TypeScript je uveden kako bi poboljšao sigurnost koda kroz statičko tipiziranje, što omogućuje rano otkrivanje pogrešaka tijekom razvoja aplikacije. U kombinaciji s Reactom, TypeScript pojednostavljuje rad s kompleksnim strukturama podataka, poboljšava čitljivost koda i omogućuje bolju organizaciju projekata, osobito u velikim timovima ili u složenim aplikacijama. Korištenje TypeScripta također olakšava skaliranje aplikacije i dodavanje novih funkcionalnosti bez značajnih izmjena postojećeg koda [10] i [11].

3.1.4. *MySQL*

MySQL je odabran kao sustav za upravljanje relacijskim bazama podataka, zahvaljujući svojoj pouzdanosti, skalabilnosti i podršci za ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) standarde. Sustav pohranjuje eksperimentalne podatke i omogućuje efikasno pretraživanje i analizu. Uz pomoć SQLAlchemy ORM (Object-Relational Mapping) alata, razvijatelji mogu lakše raditi s podacima, koristeći Python umjesto izravnog pisanja SQL upita, čime se pojednostavljuje razvoj baze podataka [12] i [13].

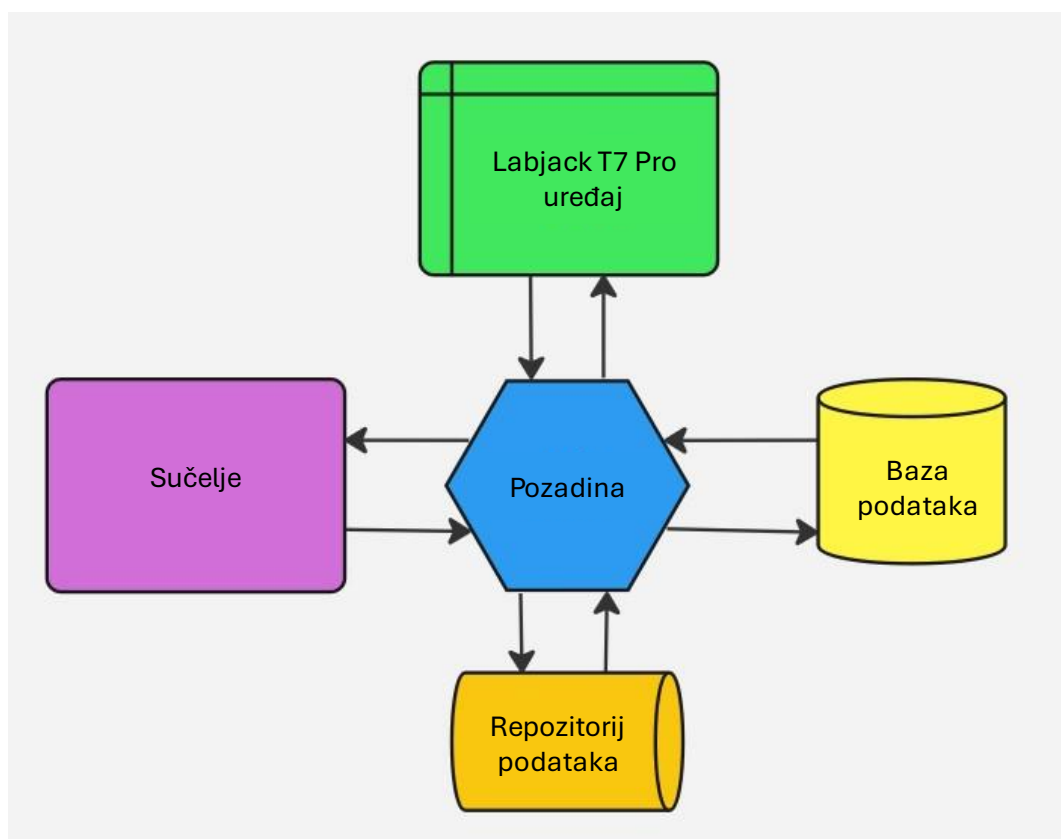
4.1. *Arhitektura sustava*

Arhitektura sustava temelji se na modularnom pristupu koji uključuje ključne komponente: sučelje aplikacije, pozadinski sustav, bazu podataka, repozitorij prikupljenih podataka te integraciju s LabJack T7 Pro uređajem. Svaka komponenta ima specifičnu ulogu unutar sustava, dok međusobno komuniciraju putem REST API-ja (sučelja za programiranje aplikacija), čime se osigurava koherentnost i cjelovitost podataka [14] i [15].

4.1.1. Opći pregled arhitekture

Sučelje aplikacije razvijeno je pomoću Reacta, dok pozadina koristi FastAPI za komunikaciju s bazom podataka i upravljanje podacima prikupljenim s LabJack T7 Pro uređaja. Baza podataka MySQL osigurava pohranu prikupljenih podataka, dok pozadina obrađuje i šalje ih korisničkom sučelju za daljnju analizu i vizualizaciju. Integracija svih komponenti sustava omogućuje stabilnu i učinkovit rad u realnom vremenu.

Ispod, na Slika 3, prikazan je dijagram arhitekture sustava, koji vizualno prikazuje način na koji su ključne komponente međusobno povezane i kako komuniciraju.



Slika 3. Dijagram arhitekture sustava

4.1.2. Komponente sustava

1. **Sučelje (React):** Sučelje aplikacije omogućuje korisnicima pregled podataka prikupljenih nakon mjerenja i interakciju s eksperimentalnim rezultatima. React je odabran zbog svoje komponentno-orijentirane arhitekture koja omogućuje razvoj modularnih, respozivnih i dinamičnih korisničkih sučelja. Svaka funkcionalnost aplikacije inkapsulirana je u odvojene komponente, što omogućuje lakše održavanje i nadogradnju sučelja te ponovnu upotrebu koda unutar različitih dijelova sustava.

2. **Pozadina (FastAPI):** FastAPI upravlja svim API zahtjevima, omogućavajući prikupljanje podataka sa senzora, njihovu obradu i pohranu. FastAPI koristi asinkrono programiranje, što povećava skalabilnost sustava i omogućuje simultano rukovanje velikim brojem zahtjeva bez zastoja. Asinkrono programiranje poboljšava brzinu obrade podataka u stvarnom vremenu, što je posebno važno kod sustava koji se bavi ubrzanom degradacijom stanja ležajeva.
3. **Baza podataka (MySQL):** MySQL baza podataka osigurava sigurnu i pouzdanu pohranu podataka o eksperimentima. Ovaj sustav podržava transakcije, čime se osigurava integritet podataka i dosljednost, posebno kod rukovanja velikim količinama podataka. SQLAlchemy ORM (Object-Relational Mapping) alat koristi se za olakšavanje interakcije s bazom podataka, što omogućuje efikasnije rukovanje podacima i pojednostavljuje rad s relacijskim modelima baze.
4. **Repozitorij prikupljenih podataka:** Repozičtorij pohranjuje neobrađene podatke prikupljene sa senzora u komprimiranim formatima poput parquet.gzip. Ovaj format omogućuje učinkovitiju pohranu velikih količina podataka, omogućujući brzi pristup i obradu tijekom kasnijih faza analize. Repozičtorij je optimiziran za dugotrajno čuvanje podataka i osigurava stabilnost i pouzdanost pohrane za potrebe budućih analiza.
5. **Integracija uređaja LabJack T7 Pro:** Uređaj LabJack T7 Pro integriran je putem API-ja i omogućuje kontinuirano prikupljanje podataka iz senzora u stvarnom vremenu, uključujući analogne i digitalne signale. Podržava daljinsko upravljanje putem WiFi veze, čime se omogućuje nadzor i upravljanje eksperimentima iz udaljenih lokacija. Također, uređaj posjeduje ugrađeni RTC (sat stvarnog vremena) i MicroSD karticu za lokalno pohranjivanje podataka s vremenskim oznakama, osiguravajući kontinuitet prikupljanja podataka u slučaju prekida mrežnih veza.

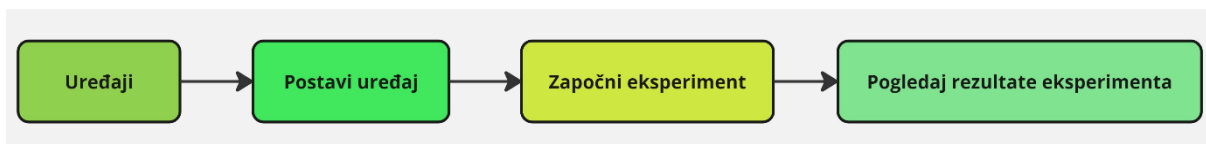
Ova arhitektura omogućuje stabilnu i učinkovitu integraciju hardverskih i softverskih komponenti, stvarajući sustav koji je skalabilan, pouzdan i prilagodljiv za prikupljanje, pohranu i analizu podataka u stvarnom vremenu. Modularni pristup olakšava daljnju nadogradnju sustava, što je osobito važno za kontinuirani razvoj i prilagodbu specifičnim industrijskim scenarijima, kao što je ubrzana degradacija stanja ležajeva. Korištene tehnologije omogućuju visoku razinu performansi i sigurnosti podataka, čime se osigurava pouzdano praćenje i analiza kritičnih parametara. Sustav je optimiziran za podršku kompleksnim eksperimentalnim

postavkama i omogućuje preciznu dijagnostiku stanja ležajeva, čime značajno doprinosi poboljšanju procesa prognostičkog održavanja u industrijskim i istraživačkim okruženjima.

4.1.3. Značajke sustava

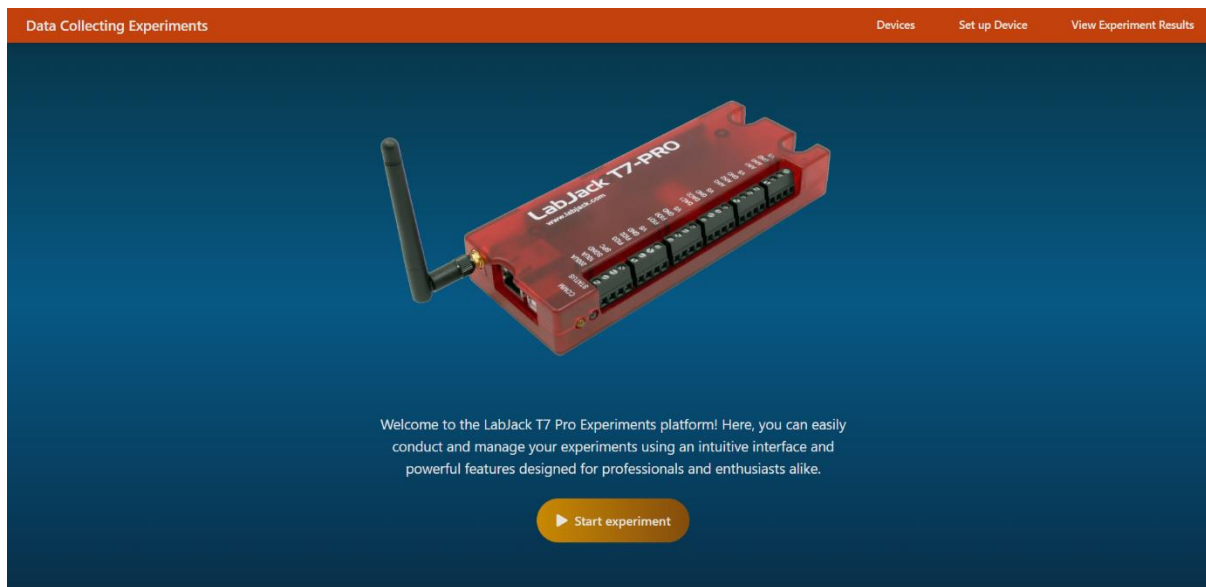
Sustav razvijen u ovom projektu posjeduje niz ključnih značajki, osmišljenih kako bi omogućile učinkovito prikupljanje podataka o ubrzanjima degradaciji ležajeva, upravljanje eksperimentima i analizu rezultata putem web aplikacije. Te značajke pružaju korisnicima mogućnost optimizacije eksperimenata u stvarnom vremenu, što omogućuje bolje razumijevanje procesa trošenja ležajeva i učinkovito donošenje odluka o održavanju.

Sekvencijalni tijek aktivnosti unutar aplikacije organiziran je kroz niz zadataka, koji su detaljno prikazani u **Shemi tijeka rada** na Slika 4.



Slika 4. Shema tijeka rada

Početna stranica



Slika 5. Forma početne stranice

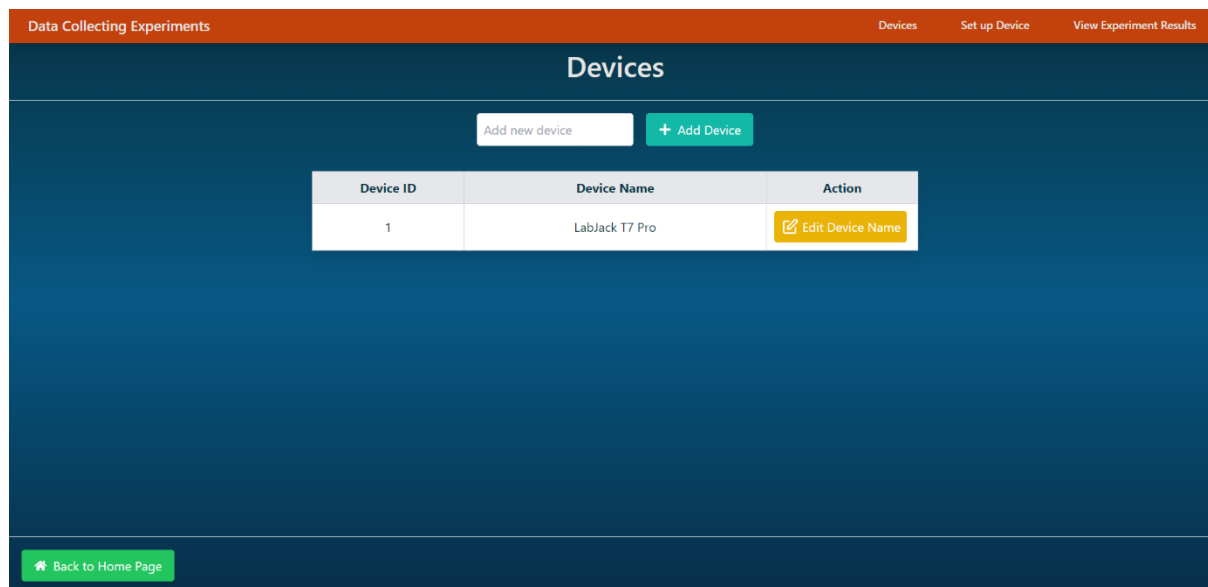
Početna stranica, Slika 5, aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ predstavlja glavno sučelje za pokretanje i upravljanje eksperimentima. Korisnicima nudi intuitivan pristup ključnim

funkcionalnostima, kao što su upravljanje uređajima, postavljanje parametara eksperimenata, pokretanje prikupljanja podataka i pregled rezultata.

Ključne komponente početne stranice:

1. **Uređaji:** Ova komponenta omogućuje korisnicima upravljanje LabJack T7 Pro uređajima. Korisnici mogu dodavati nove uređaje ili ažurirati postavke postojećih. Fleksibilna konfiguracija uređaja omogućuje primjenu različitih senzorskih postavki za različite eksperimente.
2. **Postavljanje uređaja:** Ova komponenta omogućuje prilagodbu parametara svakog eksperimenta, poput senzorskih kanala, tipova senzora i povezanih parametara.
3. **Prikupljanje podataka:** Klikom na 'Start experiment' (pokreni eksperiment), korisnici konfiguriraju eksperiment postavljanjem brzine prikupljanja podataka i drugih ključnih parametara.
4. **Pregled rezultata eksperimenta:** Nakon završetka eksperimenta, rezultati su dostupni za analizu putem grafičkih i vizualnih prikaza, što omogućuje razumijevanje podataka i donošenje zaključaka.

Uređaji



Slika 6. Forma za uređaje

Forma "Devices" (Uređaji), Slika 6, omogućuje korisnicima upravljanje LabJack T7 Pro uređajima.

Ključne funkcionalnosti:

1. **Dodavanje uređaja:** Ova funkcija omogućuje brzo povezivanje novih uređaja s aplikacijom.
2. **Popis uređaja:** Pregled svih dodanih uređaja, uključujući jedinstveni identifikacijski broj uređaja i mogućnost uređivanja imena uređaja klikom na 'Edit Device Name'.

Korisnici se mogu vratiti na početnu stranicu i koristiti navigacijsku traku za pristup drugim dijelovima aplikacije, čime se osigurava učinkovit tijek rada.

Postavljanje uređaja

The screenshot shows the 'Device Setup' interface. At the top, there is a navigation bar with 'Data Collecting Experiments', 'Devices', 'Set up Device', and 'View Experiment Results'. Below this is a 'Device Setup' header with a 'Select a device' dropdown. The main area contains a table with 14 rows, each representing a channel (AIN0 to AIN13). Each row has four columns: 'Channel', 'Parameter', 'Offset', and 'Scale'. The 'Parameter' column has a dropdown menu that is open for AIN1, showing options: 'Temperature', 'Revolutions Per Minute', 'Vibration', 'Vertical Load', and 'Axial Load'. The 'Offset' and 'Scale' columns have input fields. At the bottom of the table, there is a 'Save Device Info' button. Below the table, there is a 'Back to Home Page' button.

Channel	Parameter	Offset	Scale
AIN0	Select a parameter	Offset	Scale
AIN1	Temperature Revolutions Per Minute Vibration Vertical Load Axial Load	Offset	Scale
AIN2	Select a parameter	Offset	Scale
AIN3	Select a parameter	Offset	Scale
AIN4	Select a parameter	Offset	Scale
AIN5	Select a parameter	Offset	Scale
AIN6	Select a parameter	Offset	Scale
AIN7	Select a parameter	Offset	Scale
AIN8	Select a parameter	Offset	Scale
AIN9	Select a parameter	Offset	Scale
AIN10	Select a parameter	Offset	Scale
AIN11	Select a parameter	Offset	Scale
AIN12	Select a parameter	Offset	Scale
AIN13	Select a parameter	Offset	Scale

Slika 7. Forma za postavljanje uređaja

Forma "Device Setup" (postavljanje uređaja), Slika 7, korisnicima omogućuje detaljnu konfiguraciju uređaja kako bi se zadovoljili specifični zahtjevi eksperimenata ubrane degradacije ležajeva.

Ključne funkcionalnosti:

1. **Odabir uređaja:** Korisnici mogu odabrati željeni LabJack T7 Pro uređaj s padajućeg izbornika koji prikazuje sve prethodno dodane uređaje. Ova funkcionalnost pojednostavljuje proces postavljanja, omogućujući brzi odabir i konfiguraciju ciljanog uređaja, čime se olakšava integracija u eksperiment.
2. **Odabir parametara:** Korisnici mogu definirati parametre za svaki kanal na uređaju. Na primjer, za kanal 'AIN0', korisnici mogu birati parametre poput 'Temperatura', 'Okretaji u minuti', 'Vibracije', 'Okomito opterećenje' ili 'Aksijalno opterećenje' iz padajućeg izbornika. Ova fleksibilnost omogućuje prilagodbu uređaja specifičnim potrebama svakog eksperimenta, što je ključno za precizno prikupljanje podataka.
3. **Pomak i skala:** Korisnici imaju mogućnost definiranja vrijednosti pomaka i skale za svaki parametar, što omogućuje preciznu kalibraciju uređaja. Kalibracija osigurava točne mjerenja tijekom eksperimenta i povećava pouzdanost rezultata.
4. **Spremi promjene:** Nakon što su svi parametri postavljeni, korisnici mogu spremiti svoje promjene klikom na gumb "Spremi informacije o uređaju". Time se osigurava da sve postavke budu ispravno primijenjene na uređaj, čime se optimizira njegov rad za specifične eksperimentalne postavke.

Korisnici također mogu koristiti navigacijsku traku za povratak na početnu stranicu ili za pristup drugim dijelovima aplikacije prema potrebi. Stranica 'Postavljanje uređaja' pruža širok raspon alata za konfiguriranje LabJack T7 Pro uređaja, čime se osigurava fleksibilnost u eksperimentalnom radu i točnost prikupljenih podataka.

Postavljanje eksperimenta

The screenshot shows the 'Experiment: 5' configuration page. At the top, there is a navigation bar with 'Data Collecting Experiments' on the left and 'Devices', 'Set up Device', and 'View Experiment Results' on the right. Below this, the page title 'Experiment: 5' is displayed, along with a 'Select a Device:' dropdown menu currently set to 'Labjack T7 Pro'. The main content area is divided into several sections:

- Scan Rate:** A text input field with the placeholder 'Enter Scan Rate ()'.
- Number of Sample Files:** A text input field with the placeholder 'Enter Number of Sample Files ()'.
- Notes about Experiment:** A text area containing the text 'No notes for this experiment.'
- Channel Configuration:** Four separate boxes for configuring different channels:
 - Channel: AIN0:** Parameter: Revolutions Per Minute, Offset: 0, Scale: 1.
 - Channel: AIN1:** Parameter: Vibration, Offset: 0, Scale: 1.
 - Channel: AIN2:** Parameter: Temperature, Offset: 0, Scale: 1.
 - Channel: AIN4:** Parameter: Axial Load, Offset: 0, Scale: 1.

At the bottom of the configuration area, there is a prominent red button labeled 'Start Measurement'. Below the main configuration area, there is a green button labeled 'Back to Home Page'.

Slika 8. Forma za početak eksperimenta

Forma "Pokreni eksperiment", Slika 8, središnje je sučelje unutar web aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ, koje omogućuje korisnicima konfiguriranje i pokretanje eksperimenata prikupljanja podataka. Svaka komponenta ovog sučelja omogućuje precizno definiranje uvjeta eksperimenta i postavki uređaja kako bi se osigurali točni i pouzdani podaci.

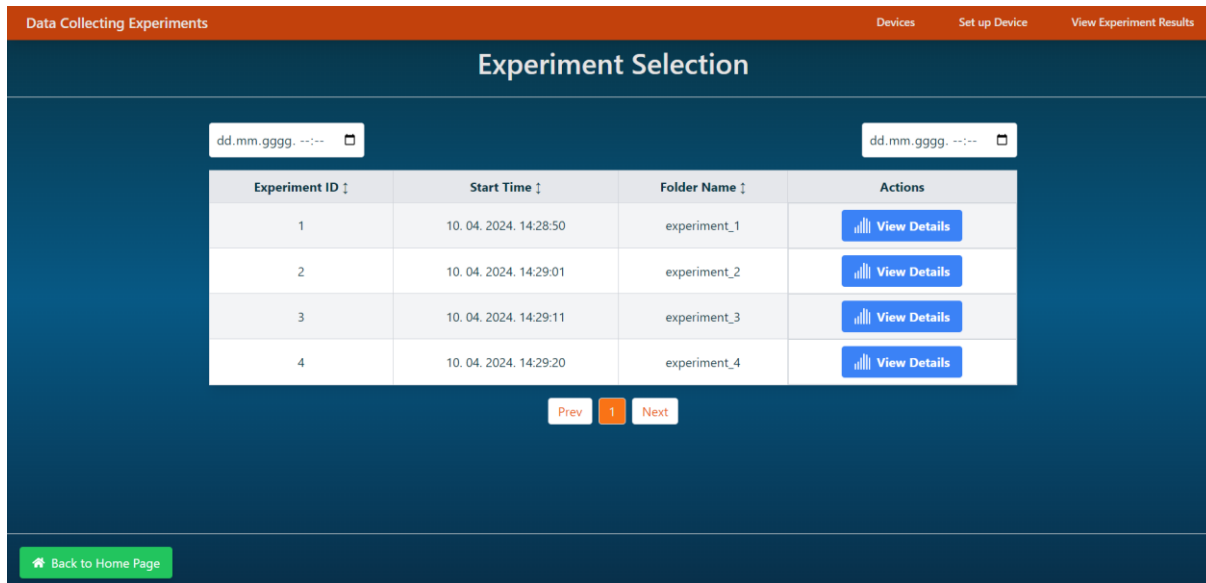
Ključne funkcionalnosti stranice su:

- Odabir uređaja:** Korisnici biraju uređaj LabJack T7 Pro iz padajućeg izbornika koji sadrži sve prethodno dodane uređaje. Ova funkcionalnost omogućuje precizno povezivanje odabranog uređaja s eksperimentom, osiguravajući točno prikupljanje podataka.
- Brzina skeniranja:** Korisnici postavljaju brzinu skeniranja, što određuje koliko često uređaj prikuplja podatke. Stopa skeniranja izračunava se pomoću formule $\text{ScanRate} = \text{SampleRate} / \text{NumAddresses}$, gdje je *NumAddresses* broj kanala koje uređaj očitava u jednom skeniranju. Ovaj parametar omogućuje korisnicima da prilagode učestalost prikupljanja podataka u skladu s eksperimentalnim potrebama.
- Broj uzoraka datoteka:** Korisnici definiraju ukupni broj uzoraka koje će uređaj prikupiti tijekom eksperimenta. Ovaj parametar određuje trajanje eksperimenta i veličinu prikupljenih podataka, osiguravajući da eksperimenti budu izvedeni unutar planiranih vremenskih i kapacitetnih okvira.

- Bilješke o eksperimentu:** Korisnici mogu dodavati bilješke o specifičnostima eksperimenta, uključujući uvjete, prilagodbe i posebne napomene. Ovo omogućuje dokumentaciju eksperimentalnih postavki, što kasnije pomaže u analizi rezultata.
- Započnite mjerenje:** Nakon postavljanja svih parametara, korisnici započinju eksperiment klikom na gumb "Pokreni mjerenje". Aplikacija tada počinje prikupljati podatke u stvarnom vremenu prema zadanim parametrima. Ako je eksperiment uspješno pokrenut, prikazuje se poruka o uspješnom prikupljanju podataka. U slučaju pogreške, aplikacija generira obavijest o grešci specifičnu za uređaj.

Korisnici imaju mogućnost povratka na početnu stranicu ili pristupa drugim dijelovima aplikacije putem navigacijske trake, čime se osigurava fleksibilnost i učinkovitost u radu s eksperimentima. Stranica "Pokreni eksperiment" pruža korisnicima sve potrebne alate za postavljanje i pokretanje strukturiranih eksperimenata s visokim stupnjem kontrole nad parametrima, čime se poboljšava ukupna kvaliteta prikupljenih podataka i istraživačkog procesa.

Odabir eksperimenta



Slika 9. Forma za odabir eksperimenta

Stranica "Odabir eksperimenta", Slika 9, pruža korisnicima pristup detaljnim podacima prikupljenim iz prethodno provedenih eksperimenata. Ovaj alat omogućuje istraživačima analizu i tumačenje podataka na jednostavan i učinkovit način.

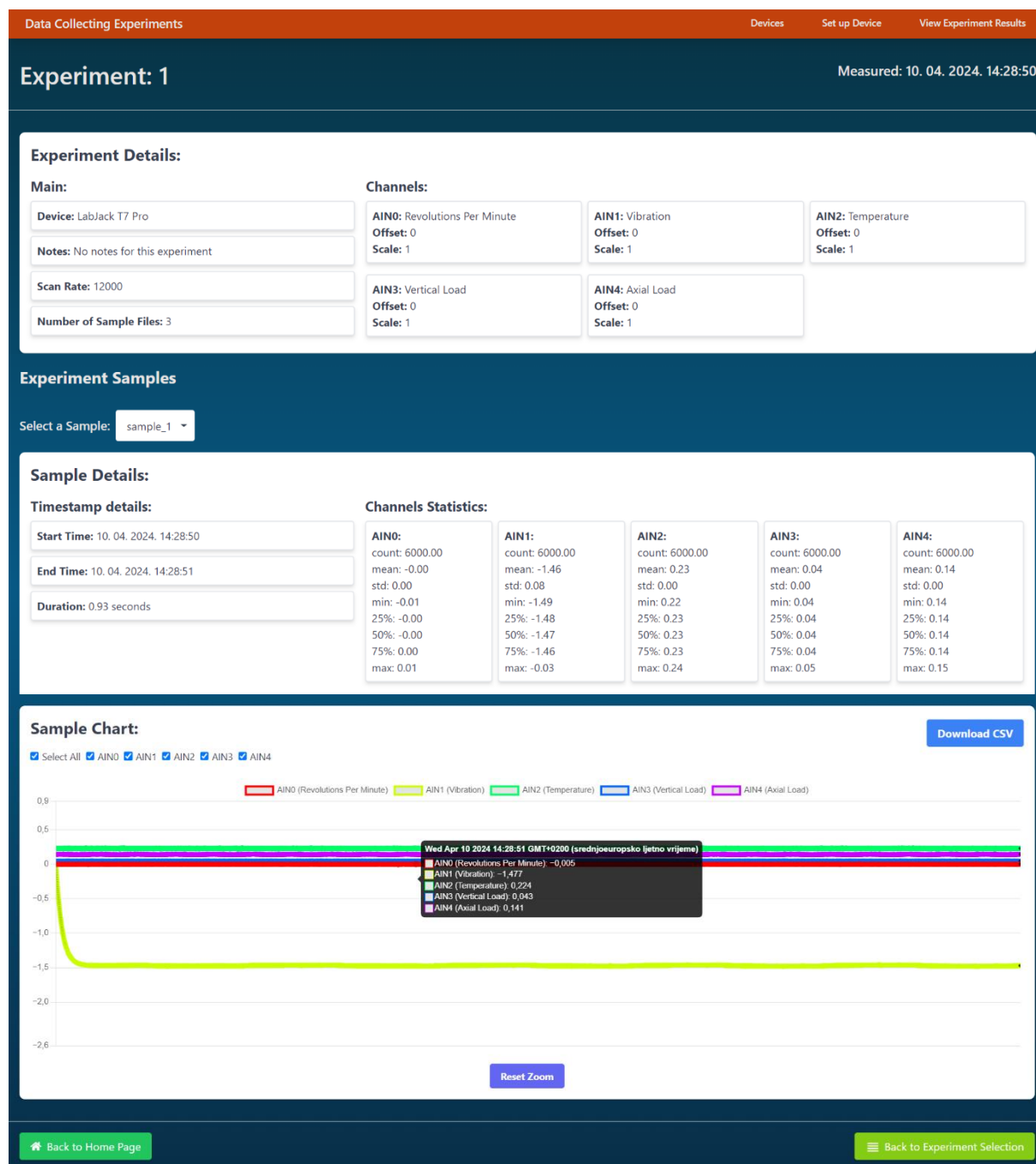
Glavne funkcionalnosti stranice uključuju:

1. **Odabir eksperimenta:** Korisnicima je dostupan tablični prikaz koji uključuje ključne metapodatke za svaki eksperiment, kao što su ID eksperimenta, vrijeme početka, naziv mape te relevantne radnje. Ova funkcionalnost omogućuje korisnicima jednostavnu navigaciju kroz povijest provedenih eksperimenata, olakšavajući pristup podacima za analizu.
2. **Datumski filtri:** Stranica omogućuje korištenje datumskih filtara za sužavanje izbora eksperimenata prema vremenskim rasponima. Filtriranje po datumu pomaže u fokusiranju analize na relevantne podatke, posebno kada se radi s velikim brojem eksperimenata. Ova značajka poboljšava tijek rada i ubrzava proces pretraživanja.
3. **Paginacija:** S ciljem održavanja preglednosti sučelja, tablični prikaz eksperimenata koristi paginaciju. Ova značajka omogućuje korisnicima da jednostavno pregledaju velike količine podataka i brzo pronađu potrebne eksperimente, bez preopterećenja sučelja.

Nakon odabira željenog eksperimenta, korisnici mogu kliknuti na gumb "Prikaz pojedinosti" kako bi pristupili detaljnim rezultatima. Stranica omogućuje pristup dodatnim alatima za analizu, uključujući pregled grafičkih prikaza i uvida u specifične podatke eksperimenata.

Korisnici se mogu vratiti na početnu stranicu ili koristiti navigacijsku traku za pristup drugim funkcionalnostima aplikacije. Stranica "Odabir eksperimenta" ključna je za analitičku fazu rada, omogućujući istraživačima učinkovitu organizaciju i tumačenje podataka kako bi izvukli korisne zaključke i uvidi u rezultate eksperimenata.

Detaljan pregled rezultata eksperimenta



Slika 10. Forma za detaljan pregled rezultata eksperimenta

Forma "Detaljan pregled rezultata eksperimenta", Slika 10, unutar web aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ omogućuje korisnicima pristup dubinskoj analizi eksperimentalnih podataka i pruža sveobuhvatne informacije o specifičnim eksperimentima. Ova stranica organizirana je tako da korisnicima olakša pregled ključnih podataka i donošenje zaključaka temeljenih na prikupljenim informacijama.

Ključne funkcije ove stranice uključuju:

1. **Informacije o eksperimentu:** Ovaj odjeljak pruža pregled osnovnih podataka o eksperimentu, uključujući naziv eksperimenta, kratak opis, dodatne bilješke, vremensku oznaku pokretanja i završetka te odnos između kanala uređaja i pridruženih parametara. Ove informacije pomažu korisnicima da razumiju kontekst u kojem je eksperiment proveden, što je ključno za pravilno tumačenje rezultata.
2. **Pojedinosti o uzorku:** Korisnici mogu pregledati detaljne informacije o svakoj podatkovnoj točki prikupljenoj tijekom eksperimenta. Ove informacije uključuju vremenske oznake, trajanje mjerenja, kao i statistiku specifičnu za svaki kanal senzora. Ovaj detaljan pregled omogućuje korisnicima da dublje istraže prikupljene podatke, analiziraju specifične trendove i identificiraju moguće nepravilnosti ili anomalije u eksperimentalnim rezultatima.
3. **Uzorak grafikona:** Vizualizacija podataka ključna je za razumijevanje obrazaca i trendova u eksperimentalnim rezultatima. Stranica za detaljan pregled rezultata eksperimenta omogućuje prikaz grafičkih prikaza podataka u obliku linijskih grafikona. Korisnici mogu birati između pregleda svih kanala ili fokusiranja na specifične kanale, s mogućnošću prilagodbe vremenskog raspona prikazanih podataka. Ovi grafikoni omogućuju preciznu analizu trendova u prikupljenim podacima, a pokazivač na grafikonu omogućuje prikaz točnih vrijednosti za odabrani vremenski okvir.
4. **Radnje:** Korisnici imaju mogućnost izvoza eksperimentalnih podataka u CSV formatu za daljnju analizu ili manipulaciju izvan aplikacije. Ova funkcionalnost omogućuje korisnicima da integriraju podatke u vanjske alate za analizu ili ih koriste u različitim kontekstima. Stranica također omogućuje povratak na početnu stranicu, izbor drugih eksperimenata ili navigaciju prema drugim dijelovima aplikacije, čime se olakšava brz i učinkovit rad s podacima.

Forma "Detaljan pregled rezultata eksperimenta" je ključna komponenta MaintLAB BTS-P DAQ aplikacije, osmišljena kako bi korisnicima pružila dubinski uvid u podatke prikupljene tijekom eksperimenata. Detaljne informacije, grafička vizualizacija i fleksibilne mogućnosti izvoza podataka omogućuju istraživačima i inženjerima da temeljito analiziraju rezultate, donesu informirane odluke i optimiziraju buduće eksperimente. Dizajn ove stranice, zajedno s

njenim funkcionalnostima, podržava naprednu analizu podataka i povećava učinkovitost istraživačkog procesa unutar aplikacije.

4.2. Postavljanje i konfiguracija sustava

Aplikacija MaintLAB BTS-P DAQ za integraciju s LabJack T7 Pro uređajem instalirana je u Ubuntu produkcijskom okruženju na lokaciji Laboratorija za održavanje. Proces postavljanja obuhvaćao je instalaciju svih potrebnih komponenti – pozadine, sučelja, baze podataka i integraciju s LabJack uređajem – i njihovim pokretanjem putem jedne sveobuhvatne skripte. Ovaj pristup omogućuje jednostavno upravljanje cijelim sustavom iz jednog izvornog mjesta, što je korisno za održavanje i nadzor nad čitavom aplikacijom.

4.2.1. Postavljanje pozadinskog sustava (FastAPI)

FastAPI je korišten za upravljanje pozadinskim sustavom koji obrađuje API zahtjeve i rukuje podacima prikupljenim s uređaja LabJack T7 Pro.

1. **Instalacija FastAPI-a i ovisnosti:** Instalacija FastAPI okvira i potrebnih Python biblioteka (poput uvicorn, pydantic, i SQLAlchemy) izvedena je putem pip alata. Svi potrebni paketi instalirani su u virtualno okruženje za bolju izolaciju ovisnosti i lakše upravljanje razvojnim alatima.
2. **Struktura projekta:** Projekt je organiziran u module prema najboljoj praksi za FastAPI aplikacije. Datoteke su podijeljene u module za API rute, modele podataka i servisne funkcije, čime se osigurava održivost i proširivost aplikacije.
3. **Pokretanje kroz sveobuhvatnu skriptu:** Pokretanje pozadinske komponente implementirano je kroz jedinstvenu skriptu koja automatski inicijalizira virtualno okruženje, učitava sve ovisnosti te pokreće FastAPI aplikaciju pomoću uvicorn poslužitelja.

4.2.2. Postavljanje sučelja (React s TypeScriptom)

Sučelje aplikacije razvijeno je koristeći React u kombinaciji s TypeScriptom kako bi se osigurala robusnost i sigurnost koda, kao i učinkovit prikaz podataka prikupljenih iz senzora.

1. **Instalacija Node.js i npm-a:** Instalacija Node.js okruženja izvedena je pomoću apt paketa. Nakon toga, pomoću npm-a instalirane su sve ovisnosti potrebne za izgradnju i pokretanje React aplikacije, uključujući TypeScript i potrebne alate za razvoj.

2. **Inicijalizacija projekta:** React projekt inicijaliziran je putem create-react-app alata s podrškom za TypeScript. Projektna struktura podijeljena je na komponente koje obrađuju različite dijelove korisničkog sučelja, kao što su prikaz podataka i komunikacija s pozadinom.
3. **Pokretanje sučelja kroz skriptu:** Sučelje je također integrirano u jedinstvenu skriptu, koja automatski pokreće npm proces za izgradnju i pokretanje aplikacije. Na ovaj način, korisničko sučelje se inicijalizira zajedno s pozadinskim sustavom i ostalim komponentama [8] i [9].

4.2.3. *Postavljanje baze podataka (MySQL)*

MySQL je korišten za upravljanje relacijskom bazom podataka, pružajući pouzdanu pohranu za eksperimentalne podatke prikupljene iz LabJack T7 Pro uređaja.

1. **Instalacija MySQL-a:** MySQL Server instaliran je putem apt paketa. Nakon instalacije, konfigurirane su osnovne postavke, uključujući kreiranje root računa i postavljanje baze podataka za projekt.
2. **Konfiguracija baze podataka:** Kreirana je shema baze podataka specifična za potrebe LabJack T7 Pro projekta, uključujući tablice za pohranu podataka o eksperimentima, konfiguracijama uređaja i rezultatima mjerenja.
3. **Pokretanje MySQL-a kroz skriptu:** U jedinstvenoj skripti uključeno je automatsko pokretanje MySQL servera koristeći standardne MySQL naredbe za inicijalizaciju. Ovo osigurava da je baza podataka pokrenuta zajedno s ostalim komponentama sustava, bez potrebe za zasebnim upravljanjem.
4. **Migracija podataka:** SQLAlchemy ORM korišten je za automatsko upravljanje migracijama podataka između pozadinskog sustava i MySQL-a. Sve migracije pokreću se automatski kroz istu skriptu, osiguravajući da su sve promjene u bazi podataka primijenjene prilikom pokretanja sustava.

4.2.4. *Integracija s Labjack T7 Pro uređajem*

Ključna komponenta sustava je integracija s LabJack T7 Pro uređajem koji omogućuje prikupljanje podataka iz različitih senzora u stvarnom vremenu.

1. **Instalacija LabJack Python biblioteke:** LabJack Python biblioteka instalirana je putem pip alata. Ova biblioteka omogućuje interakciju s LabJack T7 Pro uređajem i upravljanje raznim parametrima kao što su brzina uzorkovanja i postavke senzora.
2. **Konfiguracija uređaja:** Nakon instalacije biblioteke, uređaj je konfiguriran prema potrebama eksperimenta.
3. **Pohrana podataka:** Svi podaci prikupljeni iz LabJack uređaja pohranjuju se u lokalni direktorij unutar projekta u kompresiranom formatu (parquet.gzip datoteke). Ove datoteke se kasnije mogu analizirati i prikazivati putem sučelja aplikacije, čime se omogućuje brza i efikasna analiza eksperimentalnih rezultata [1].

Ova struktura omogućuje postavljanje i pokretanje čitavog sustava kroz jednu centraliziranu skriptu. To pojednostavljuje proces pokretanja i omogućuje korisnicima da jednostavno upravljaju svim komponentama aplikacije iz jednog mjesta.

4.3. Struktura koda

Jedna od ključnih arhitektonskih odluka prilikom razvoja web aplikacije LabJack T7 Pro bila je razdvajanje koda između korisničkog sučelja i pozadine. Ova podjela omogućuje modularnost, fleksibilnost i neovisni razvoj obje komponente, čime se olakšava održavanje i skaliranje aplikacije. Takav pristup također doprinosi sigurnosti, jer se kritični podaci obrađuju na poslužitelju, dok sučelje komunicira s pozadinom putem jasno definiranih API krajnjih točaka.

Razdvajanje komponenti omogućuje paralelni razvoj različitih funkcionalnosti, a sučelje i pozadina se mogu raditi neovisno o implementacijskim detaljima druge strane, pod uvjetom da poštuju dogovoreni API ugovor. Komunikacija između ovih komponenti odvija se putem REST API-ja, koji omogućava siguran prijenos podataka i integraciju uređaja LabJack T7 Pro s aplikacijom.

Prednosti ovakve arhitekture uključuju povećanu skalabilnost i fleksibilnost u izboru tehnologija, omogućujući da se sučelje razvija u Reactu s TypeScriptom, dok je pozadina izgrađena pomoću FastAPI-ja na Pythonu. Ovaj pristup osigurava dugoročnu održivost projekta, uz mogućnost neovisne nadogradnje svakog dijela sustava.

Nakon definiranja arhitekture, slijedi detaljan pregled strukture direktorija i ključnih datoteka unutar projekta.

4.3.1. *Struktura direktorija projekta i ključne datoteke*

Glavni direktorij projekta naziva se "**Labjack-T7pro-project**" i organiziran je u nekoliko ključnih direktorija i datoteka koje čine okosnicu aplikacije:

- **backend/**: Sadrži cjelokupnu pozadinsku infrastrukturu, izgrađenu pomoću FastAPI okvira.
- **collected_data/**: Direktorij u kojem se pohranjuju svi podaci prikupljeni tijekom eksperimenata. Datoteke se spremaju u kompresiranom **parquet.gzip** formatu.
- **frontend/**: Sadrži sve datoteke koje se odnose na sučelje aplikacije, izgrađen pomoću React-a i TypeScripta.
- **.gitignore**: Ova datoteka definira koje datoteke i direktoriji neće biti praćeni od strane Git-a, osiguravajući da se nebitni ili osjetljivi podaci ne uključe u repozitorij.
- **labjack_pro_database_script.txt**: Skripta koja sadrži SQL naredbe za postavljanje i upravljanje bazom podataka za aplikaciju.
- **README.md**: Datoteka koja sadrži upute za postavljanje, pokretanje i održavanje projekta.

4.3.2. *Struktura pozadinskog koda (FastAPI)*

Pozadinska kodna baza organizirana je u skladu s principima modularnosti i jasnoće, čime se omogućava jednostavno održavanje i proširenje funkcionalnosti. Glavne komponente pozadine uključuju:

- **app/**: Glavni direktorij aplikacije koji sadrži logiku aplikacije.
 - **main.py**: Služi kao ulazna točka FastAPI aplikacije. Ovdje su definirane glavne rute (API krajnje točke) i inicijalizacija aplikacije.
 - **routers/**: Sadrži module koji definiraju pojedinačne usmjerivače za različite API krajnje točke, omogućujući modularnu organizaciju API-ja.
 - **models/**: Pohranjuje definicije podatkovnih modela koji predstavljaju strukturu baze podataka, koristeći SQLAlchemy.
 - **services/**: Sadrži poslovnu logiku, odnosno implementacije funkcionalnosti koje obrađuju podatke i komuniciraju s bazom podataka.
 - **database/**: Sadrži konfiguracije za vezu s MySQL bazom podataka te upravlja migracijama podataka i inicijalizacijom baze.

- **tests/**: Sadrži jedinične testove koji se koriste za testiranje funkcionalnosti sustava i osiguranje njegovog ispravnog rada.
- **schemas/**: Sadrži sheme koje definiraju strukture podataka za provjeru valjanosti podataka prilikom unosa i odgovora API-ja.
- **.env**: Datoteka za konfiguraciju varijabli okoline (npr. podaci za pristup bazi podataka, API ključevi) koje se koriste unutar aplikacije [6] i [17].

4.3.3. *Struktura koda sučelja (reagirajte s TypeScriptom)*

Kod sučelja organiziran je kako bi podržao modularnost i sigurnost tipova. Glavni direktorij dijela aplikacije za korisničko sučelje je **src/**, a ključne komponente su:

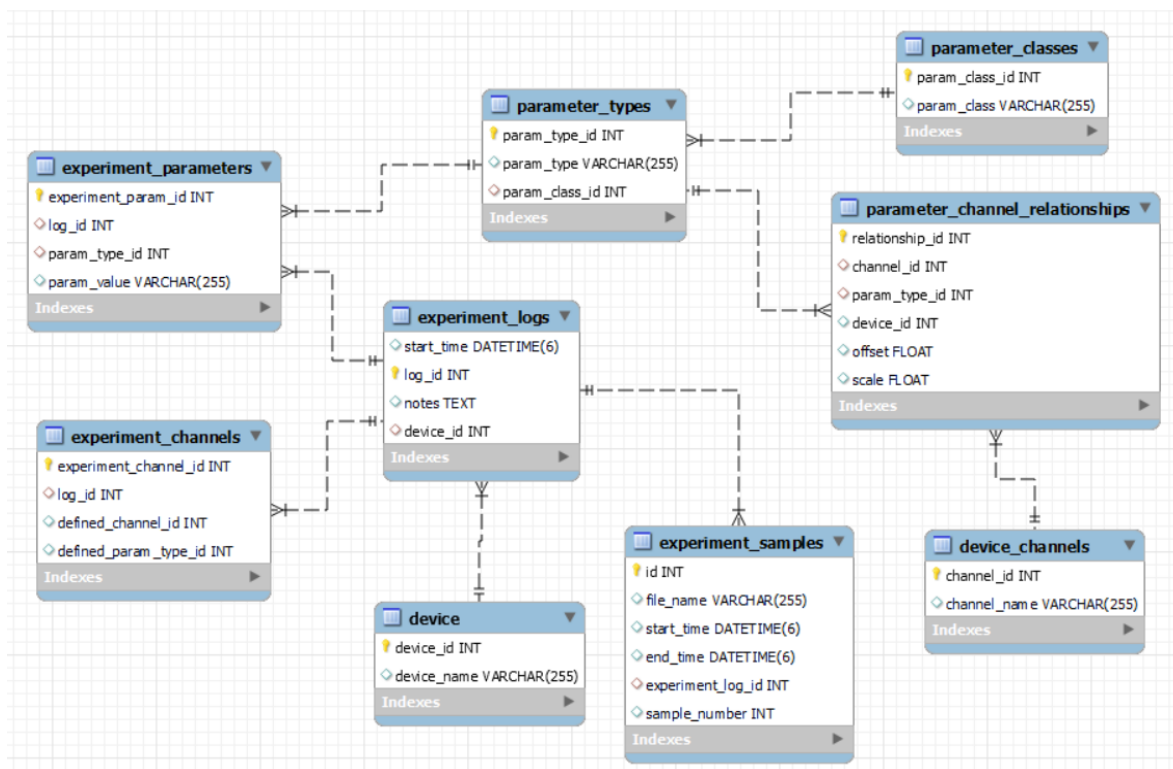
- **src/**: Korijenski direktorij za sve izvorne datoteke aplikacije.
 - **components/**: Sadrži React komponente koje se koriste diljem aplikacije. Svaka komponenta je izolirana jedinica korisničkog sučelja.
 - **views/**: Sadrži komponente na razini stranice koje predstavljaju različite prikaze unutar aplikacije, poput stranice za pregled rezultata eksperimenta ili postavljanje uređaja.
 - **index.css**: CSS datoteka koja sadrži prilagođene stilove za cijelu aplikaciju.
 - **main.tsx**: Glavna datoteka aplikacije koja inicijalizira React aplikaciju i renderira glavnu komponentu.
 - **routes.tsx**: Sadrži definicije ruta unutar aplikacije, upravljajući navigacijom između različitih stranica.
 - **vite-env.d.ts**: Datoteka koja sadrži deklaracije varijabli specifičnih za razvojno okruženje Vite, koji je korišten kao alat za izgradnju projekta.
 - **.eslintrc.js**: ESLint konfiguracijska datoteka koja definira pravila za provjeru ispravnosti i stil koda tijekom razvoja [11], [18] i [19].

4.3.4. *Repozitorij prikupljenih podataka (collected_data)*

Direktorij **collected_data/** nalazi se u korijenskom direktoriju projekta i koristi se za pohranu podataka prikupljenih tijekom provođenja eksperimenata s LabJack T7 Pro uređajem. Svi prikupljeni podaci pohranjuju se u kompresiranom **parquet.gz** formatu, što omogućuje učinkovitu pohranu i brzo dohvaćanje podataka za analizu. Ovaj direktorij služi kao središnje spremište za sve neobrađene podatke, što olakšava daljnju obradu unutar aplikacije.

4.3.5. Shema baze podataka (MySQL)

Shema baze podataka prikazana je na Slika 11 i dizajnirana je za efikasno upravljanje podacima o uređajima, eksperimentima i prikupljenim uzorcima [13] i [20].



Slika 11. Shema baze podataka

Ključne tablice uključuju:

1. **Tablica 'device'**: Pohranjuje informacije o uređajima LabJack T7 Pro.
 - **device_id**: Jedinstveni identifikator uređaja.
 - **device_name**: Naziv uređaja.
2. **Tablica 'device_channels'**: Definiše kanale na LabJack uređajima.
 - **channel_id**: Jedinstveni identifikator kanala.
 - **channel_name**: Naziv kanala.
3. **Tablica 'parameter_types'**: Pohranjuje vrste parametara koji se mogu mjeriti tijekom eksperimenata.
 - **param_type_id**: Jedinstveni identifikator tipa parametra.
 - **param_type**: Naziv vrste parametra.
 - **param_class_id**: Identifikator klase kojoj tip parametra pripada.
4. **Tablica 'parameter_classes'**: Pohranjuje klase parametara.

- **param_class_id**: Jedinstveni identifikator klase.
 - **param_class**: Naziv klase parametra.
5. **Tablica 'paramater_channel_relationships'**: Definira odnose između uređaja, kanala i parametara.
- **relationship_id**: Jedinstveni identifikator relacije.
 - **channel_id**: Identifikator povezanog kanala.
 - **param_type_id**: Identifikator povezanog tipa parametra.
 - **device_id**: Identifikator uređaja.
6. **Tablica 'experiment_logs'**: Bilježi informacije o svakom provedenom eksperimentu.
- **log_id**: Jedinstveni identifikator eksperimenta.
 - **start_time**: Vrijeme početka eksperimenta.
 - **notes**: Bilješke o eksperimentu.
7. **Tablica 'experiment_samples'**: Pohranjuje podatke o uzorcima prikupljene tijekom eksperimenata.
- **id**: Jedinstveni identifikator uzorka.
 - **file_name**: Naziv datoteke uzorka.
 - **start_time**: Vrijeme početka uzorkovanja.
 - **end_time**: Vrijeme završetka uzorkovanja.
 - **experiment_log_id**: Identifikator pridruženog eksperimenta.
 - **sample_number**: Broj uzorka.
8. **Tablica 'experiment_parameters'**: Pohranjuje izmjerene vrijednosti parametara.
- **experiment_param_id**: Jedinstveni identifikator izmjerenog parametra.
 - **log_id**: Identifikator pridruženog eksperimenta.
 - **param_type_id**: Identifikator vrste parametra.
 - **param_value**: Vrijednost parametra.
9. **Tablica 'experiment_channels'**: Bilježi kanale povezane s eksperimentima.
- **experiment_channel_id**: Jedinstveni identifikator kanala eksperimenta.
 - **log_id**: Identifikator pridruženog eksperimenta.
 - **defined_channel_id**: Identifikator kanala.
 - **defined_param_type_id**: Identifikator parametra.

Schema baze podataka omogućuje efikasno upravljanje i pohranu podataka prikupljenih tijekom eksperimenta, osiguravajući da svi podaci budu lako dostupni za analizu i interpretaciju unutar aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ.

4.4. Testiranje

Testiranje je ključni korak u razvoju web aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ i koristi se za osiguranje njezine funkcionalnosti, pouzdanosti i stabilnosti. S obzirom na to da je aplikacija razvijena s posebnim naglaskom na točno prikupljanje podataka i upravljanje eksperimentima, testiranje se provodi u razvojnom okruženju prije implementacije u laboratorij. Cilj testiranja bio je simulirati stvarne uvjete kako bi se provjerila ispravnost svih komponenti sustava.

4.4.1. *Mock testiranje (eng. mock testing)*

Mock testiranje je provedeno kako bi se imitirao proces prikupljanja podataka sa stvarnog uređaja LabJack T7 Pro unutar razvojnog okruženja. Korištenjem mock podataka, razvijene su testne funkcije koje su oponašale stvarne scenarije rada uređaja, uključujući prikupljanje podataka sa senzora, njihove manipulacije i pohranjivanje. Ovaj pristup omogućio je ranu detekciju potencijalnih problema prije stvarne integracije s hardverom.

Testiranje se sastojalo od sljedećih koraka:

1. **Mock podaci (lažni podaci):** Podaci su oponašali analogne i digitalne signale koji bi dolazili iz LabJack T7 Pro uređaja. Razvijene su funkcije koje su generirale lažne podatke na temelju specifičnih eksperimentalnih uvjeta, imitirajući različite senzore i parametre.
2. **Testne funkcije:** Korištenjem mock podataka, razvijene su testne funkcije koje su testirale osnovne funkcionalnosti kao što su točno prikupljanje podataka, pravilno pohranjivanje u bazu podataka i slanje podataka putem REST API-ja na strani sučelja.
3. **Validacija:** Provjeravalo se jesu li rezultati koje su vratile funkcije unutar aplikacije u skladu s očekivanim rezultatima na temelju definiranih parametara mock podataka. Cilj je bio osigurati da logika prikupljanja podataka, njihove obrade i vizualizacije funkcionira ispravno unutar razvojnog okruženja.

4.4.2. *Ručno testiranje*

Nakon uspješnog mock testiranja, ručno testiranje primijenjeno je kako bi se osiguralo da aplikacija pravilno radi u stvarnim uvjetima, simulirajući korisničke interakcije u

produkcijском okruženju. Ručno testiranje uključivalo je korištenje aplikacije u stvarnim scenarijima i testiranje svih značajki aplikacije putem korisničkog sučelja, kao što je prikazano u Tablica 2.

Ključni aspekti ručnog testiranja uključivali su:

1. **Navigacija kroz aplikaciju:** Testirane su sve funkcionalnosti unutar sučelja, uključujući navigaciju kroz različite stranice (uređaji, postavljanje uređaja, prikupljanje podataka, pregled rezultata eksperimenta).
2. **Interakcija s uređajem:** Testirane su sve funkcije dodavanja, konfiguracije i upravljanja uređajima, kao i testiranje ispravnog prikupljanja podataka tijekom eksperimenta.
3. **Prikupljanje podataka:** Pratilo se ponašanje aplikacije prilikom prikupljanja podataka, posebice integracija između sučelja i pozadinskog dijela aplikacije, kako bi se osiguralo da su podaci točno preneseni i pohranjeni.
4. **Validacija rezultata:** Analizirani su podaci pohranjeni u bazi podataka te prikazani rezultati na grafikonima unutar aplikacije kako bi se osigurala točnost i dosljednost.

Tablica 2. Ručni testovi provedeni tijekom razvoja web aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ

Funkcionalnost	Opis testnog slučaja	Očekivani ishod	Prošao/Pao
Početa stranica	Navigacija do stranice "Uređaji"	Uspješno preusmjeravanje na stranicu "Uređaji"	Prošao
	Navigacija do stranice "Postavljanje uređaja"	Uspješno preusmjeravanje na stranicu "Postavljanje uređaja"	Prošao
	Klik na gumb "Pokreni eksperiment"	Preusmjeravanje na stranicu za postavljanje eksperimenta	Prošao
	Navigacija do stranice "Odabir eksperimenta"	Uspješno preusmjeravanje na stranicu za odabir eksperimenta	Prošao
Konfiguracija uređaja	Dodavanje novog uređaja	Novi uređaj LabJack T7 Pro uspješno dodan	Prošao

Funkcionalnost	Opis testnog slučaja	Očekivani ishod	Prošao/Pao
	Uređivanje naziva uređaja	Uređeni naziv uređaja uspješno spremljen	Prošao
	Povratak na početnu stranicu pomoću gumba "Početna"	Uspješno preusmjeravanje na početnu stranicu	Prošao
Postavljanje uređaja	Odabir uređaja s popisa	Uređaj uspješno odabran s popisa uređaja	Prošao
	Dodjela parametara uređaju	Parametri uspješno dodijeljeni	Prošao
	Postavljanje vrijednosti "Offset" i "Scale"	Vrijednosti pomaka i skale uspješno postavljene	Prošao
	Spremanje promjena	Promjene uspješno spremljene	Prošao
	Povratak na početnu stranicu pomoću gumba "Početna"	Uspješno preusmjeravanje na početnu stranicu	Prošao
Postavljanje eksperimenta	Odabir uređaja	Određeni uređaj uspješno odabran	Prošao
	Postavljanje brzine skeniranja	Brzina skeniranja uspješno postavljena	Prošao
	Definiranje broja uzoraka	Broj uzoraka uspješno definiran	Prošao
	Dodavanje bilješki o eksperimentu	Bilješke uspješno dodane	Prošao
	Pokretanje mjerenja	Mjerenje uspješno pokrenuto	Prošao
	Povratak na početnu stranicu pomoću gumba "Početna"	Uspješno preusmjeravanje na početnu stranicu	Prošao
Odabir eksperimenta	Pregled rezultata eksperimenta	Otvorena stranica s rezultatima eksperimenta	Prošao

Funkcionalnost	Opis testnog slučaja	Očekivani ishod	Prošao/Pao
	Primjena datumskih filtara	Filtriranje eksperimenata prema odabranom datumu	Prošao
	Klik na gumb "Prikaži pojediniosti"	Preusmjeravanje na stranicu s detaljima o eksperimentu	Prošao
	Kretanje kroz stranice pomoću paginacije	Uspješno kretanje između stranica s eksperimentima	Prošao
Pojediniosti o eksperimentu i uzorku	Pregled informacija o eksperimentu	Informacije o eksperimentu uspješno prikazane	Prošao
	Pregled popisa uzoraka eksperimenta u padajućem izborniku	Svi uzorci eksperimenta uspješno prikazani	Prošao
	Pregled pojediniosti uzorka	Detalji uzorka uspješno prikazani	Prošao
	Vizualizacija podataka uzorka	Grafikon uzorka uspješno prikazan	Prošao
	Povratak na početnu stranicu pomoću gumba "Početna"	Uspješno preusmjeravanje na početnu stranicu	Prošao
	Povratak na stranicu za odabir eksperimenta	Uspješno preusmjeravanje na stranicu za odabir eksperimenta	Prošao
	Izvoz podataka u CSV	Uzorci podataka uspješno izvezeni u CSV format	Prošao

Tablica prikazuje rezultate ručnog testiranja za svaki od ključnih dijelova aplikacije, pružajući uvid u dosljednost u funkcioniranju aplikacije.

Kombinacijom mock i ručnog testiranja postignuta je visoka razina sigurnosti u točnost i funkcionalnost web aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ. Mock testiranje omogućilo je oponašanje stvarnog rada uređaja i otklanjanje eventualnih pogrešaka u ranoj fazi razvoja. Ručno testiranje osiguralo je da su sve komponente aplikacije ispravno integrirane i da

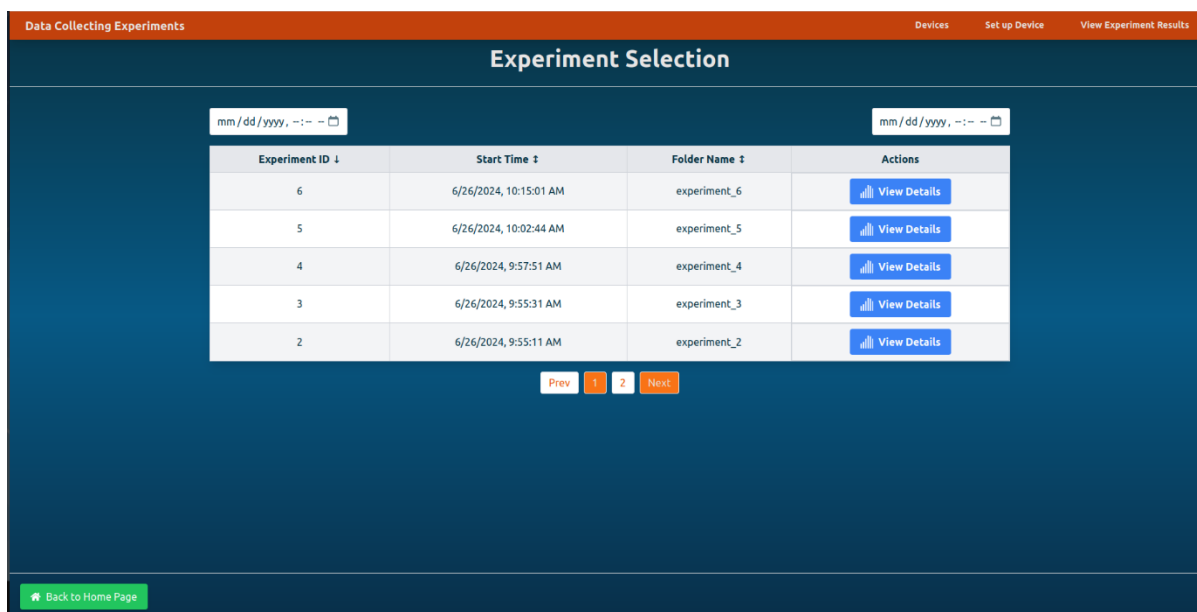
korisničko sučelje pruža ispravno iskustvo krajnjim korisnicima. Iako nije korištena napredna automatizacija, ručno testiranje bilo je dovoljno detaljno da se osigura pouzdanost aplikacije u laboratorijskom okruženju.

5. REZULTATI

Nakon uspješne implementacije web aplikacije MaintLAB BTS-P DAQ u laboratorijskom proizvodnom okruženju, provedeni su eksperimenti s ciljem evaluacije funkcionalnosti sustava i kvalitete prikupljenih podataka. Cilj eksperimenata bio je osigurati da aplikacija ispravno upravlja prikupljanjem, pohranjivanjem i analizom podataka s uređaja, kao i provjera preciznosti prikupljenih mjerenja pod različitim uvjetima. U ovom poglavlju prikazani su rezultati provedenih eksperimenata, gdje su podaci organizirani prema eksperimentalnim ID-ovima, te su sažeti u tabličnim i grafičkim prikazima unutar web aplikacije. Prikazani rezultati omogućuju kvantitativnu analizu uspješnosti aplikacije u različitim postavkama prikupljanja podataka.

5.1. Prikaz izmjerenih eksperimenata

Tijekom faze testiranja, šest eksperimenata provedeno je kako bi se evaluirala funkcionalnost mjernog sustava pod različitim postavkama brzine skeniranja i prikupljanja podataka. Vizualni prikaz rezultata pet od šest eksperimenata prikazan je na Slika 12. Eksperimenti su numerirani prema njihovim ID-ovima, a naglasak je stavljen na detaljnu analizu eksperimenta ID 1 i ID 5 zbog različitih konfiguracija brzine skeniranja.



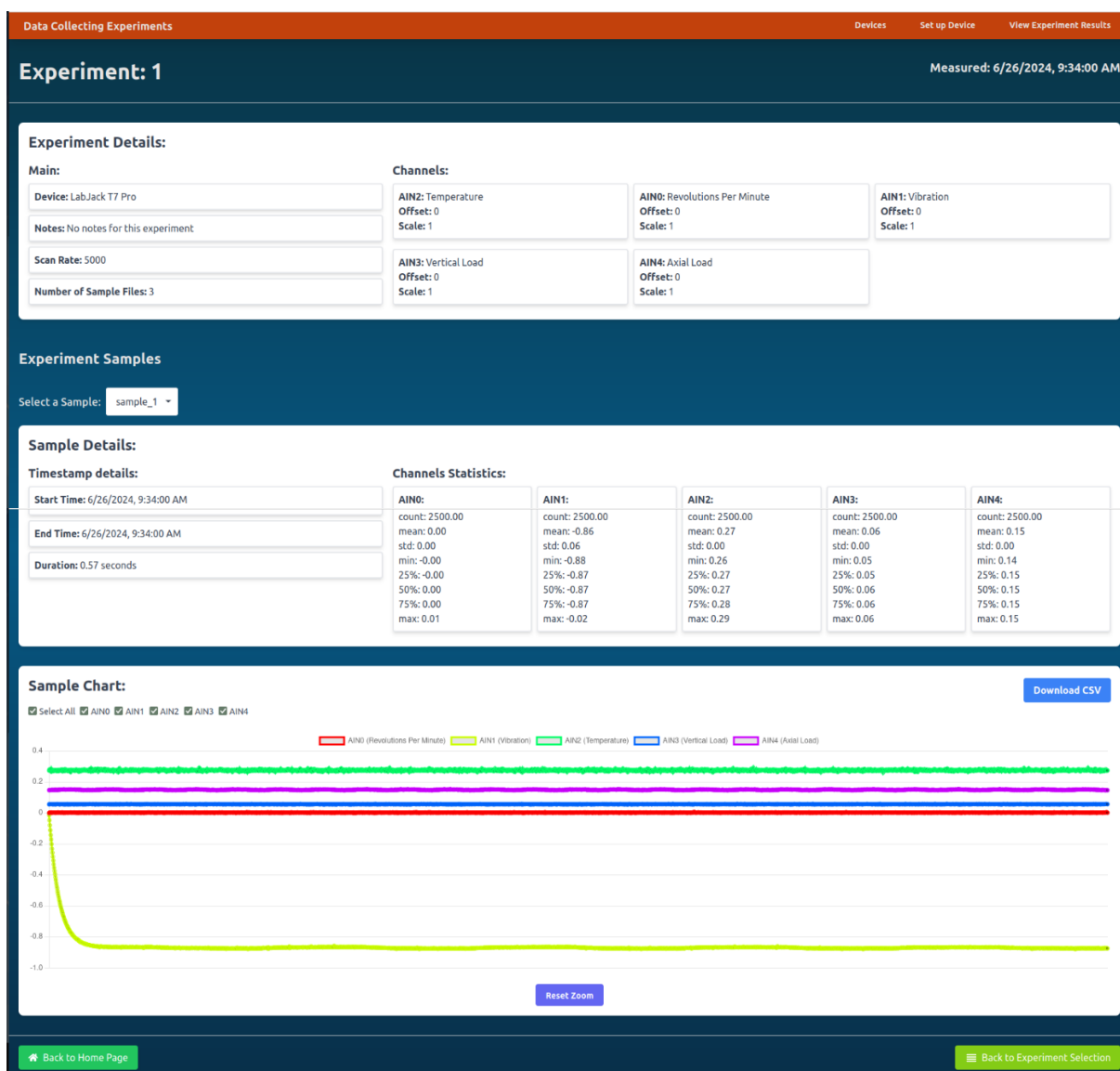
Experiment ID ↓	Start Time ↑	Folder Name ↑	Actions
6	6/26/2024, 10:15:01 AM	experiment_6	View Details
5	6/26/2024, 10:02:44 AM	experiment_5	View Details
4	6/26/2024, 9:57:51 AM	experiment_4	View Details
3	6/26/2024, 9:55:31 AM	experiment_3	View Details
2	6/26/2024, 9:55:11 AM	experiment_2	View Details

Slika 12. Prikaz pet provedenih eksperimenata (ID 2 do ID 6)

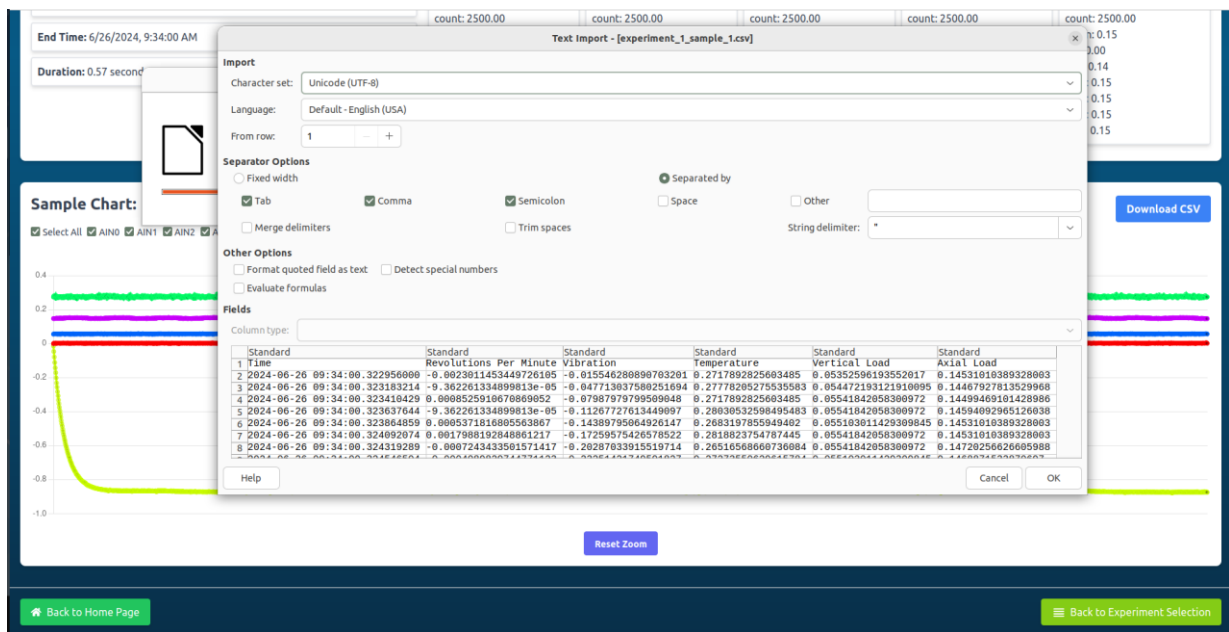
5.2. Analiza eksperimenta ID 1

Eksperiment ID 1, detaljan prikaz na Slika 13, izveden je pri nižoj brzini skeniranja postavljenoj na 5000 skenova po sekundi, ali je, prema preporuci iz dokumentacije uređaja LabJack T7 Pro, brzina skeniranja hardverski smanjena na polovinu kako bi se izbjeglo preopterećenje sustava i stvaranje zaostalih podataka. Ova praksa osigurava stabilnost prikupljenih podataka i nije rezultat ograničenja softvera aplikacije. Uočeno je da kod svakog mjerenja dolazi do početnog naglog pada vrijednosti vibracija (AIN1), nakon čega se podaci stabiliziraju.

Podaci prikupljeni tijekom eksperimenta izvezeni su u CSV format radi daljnje analize, kao što je prikazano na Slika 14. Uzorak 1 iz ovog eksperimenta, prikazan u CSV datoteci, omogućuje detaljnu evaluaciju prikupljenih mjerenja.



Slika 13. Detaljan prikaz eksperimenta ID 1

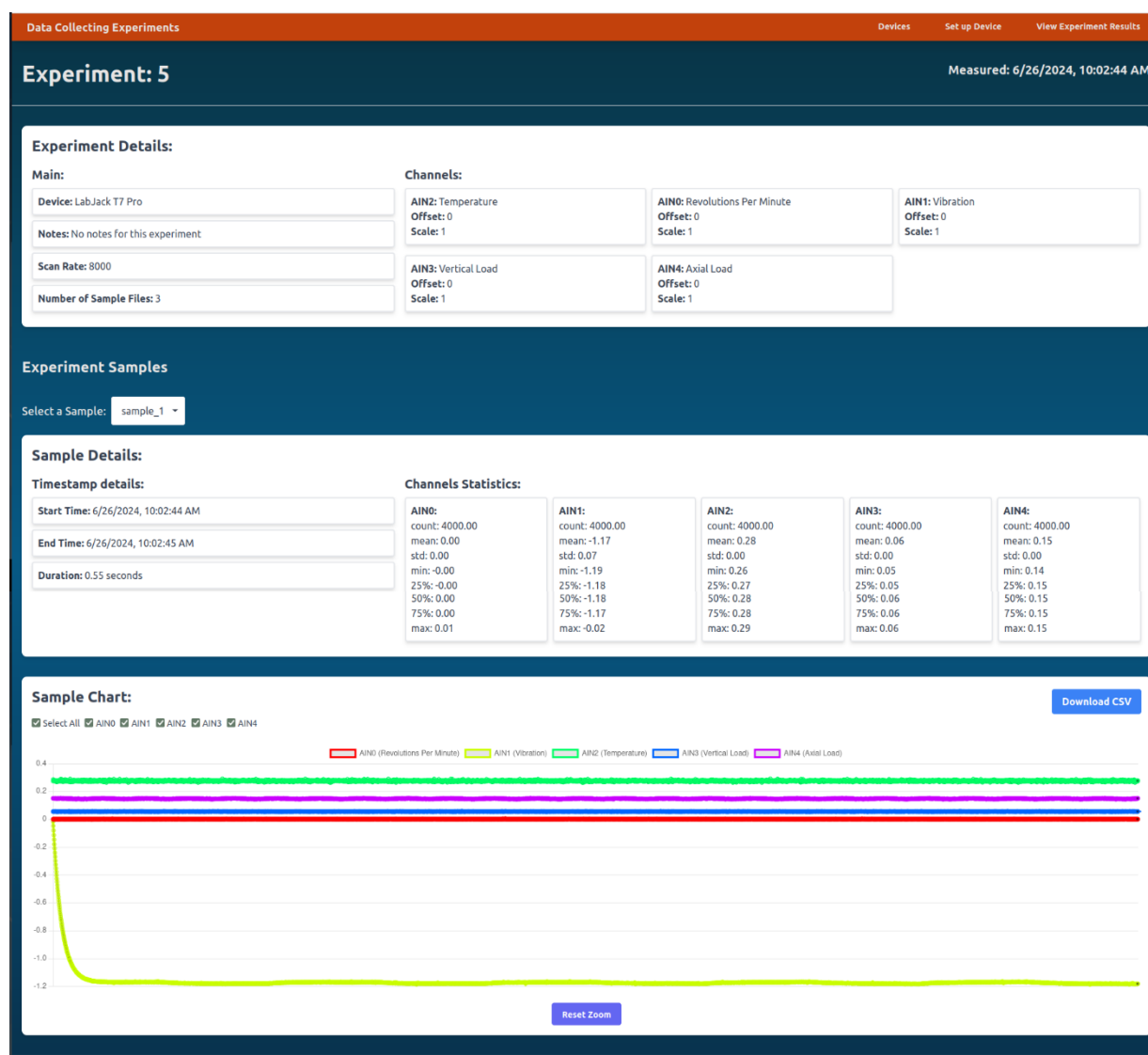


Slika 14. CSV datoteka za uzorak 1 iz eksperimenta ID 1

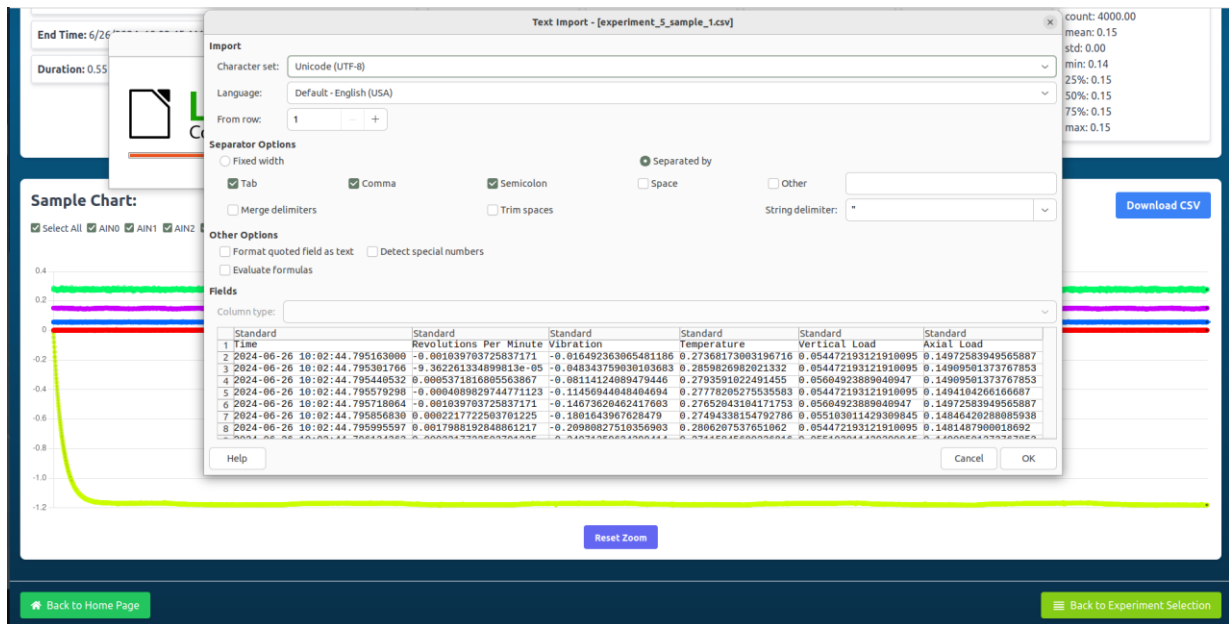
5.3. Analiza eksperimenta ID 5

Eksperiment ID 5, prikazan na Slika 15, izveden je pri većoj brzini skeniranja od 8000 skenova po sekundi, s time da je brzina skeniranja također smanjena na polovinu, slijedeći tehničke preporuke za LabJack T7 Pro kako bi se spriječilo preopterećenje sustava. U ovom eksperimentu, koji je proveden uz aktivan simulator ispitivanja ležaja, sustav je bio izložen uvjetima veće dinamike podataka.

Slično kao i u eksperimentu ID 1, primijećena su odstupanja u vrijednostima vibracija (AIN1). Podaci prikupljeni u uzorku 1 iz eksperimenta ID 5 također su izvezeni u CSV format za daljnju analizu, kao što je prikazano na Slika 16.



Slika 15. Detaljan prikaz eksperimenta ID 5



Slika 16. CSV datoteka za uzorak 1 iz eksperimenta ID 5

6. RASPRAVA

U ovom poglavlju analiziraju se rezultati eksperimentalnih mjerenja opisanih u prethodnom dijelu rada, s naglaskom na interpretaciju zapaženih odstupanja i anomalija. Raspravlja se o stabilnosti prikupljenih podataka, potencijalnim uzrocima neusklađenosti te mogućim prilagodbama hardverskih postavki i eksperimentalnih protokola kako bi se poboljšala preciznost mjerenja. Diskutiraju se i prijedlozi za daljnja istraživanja i proširenja sustava kako bi se optimizirala izvedba u budućim eksperimentima.

6.1. Zapažanja i bilješke

Tijekom eksperimentalnih mjerenja zabilježeni su specifični problemi s parametrima vibracija (AIN1) i aksijalnog opterećenja (AIN4). Iako su podaci u većini slučajeva bili konzistentni, zabilježena su odstupanja koja zahtijevaju dublju analizu kako bi se razumjeli njihovi uzroci i poduzele potrebne korekcije.

- **AIN1 (Vibracija):** Zabilježena su odstupanja u srednjim vrijednostima vibracija između različitih eksperimenata, unatoč tome što su postavke skeniranja ostale iste, dok je jedina varijabla bila brzina skeniranja. Ova odstupanja upućuju na moguću vezu između brzine skeniranja i točnosti prikupljenih podataka o vibracijama. Premda se brzine skeniranja razlikuju između eksperimenata, stabilizacija i varijacije u podacima o vibracijama sugeriraju da bi problem mogao biti povezan s dinamikom sustava, interferencijama u signalu ili nekim vanjskim čimbenikom koji utječe na postavke hardvera ili performanse senzora. Daljnja analiza će se fokusirati na identificiranje vanjskih faktora, uključujući kvalitetu signala, elektromagnetske smetnje ili inherentnu preciznost opreme, kako bi se u budućim testovima osigurala bolja stabilnost i točnost podataka.
- **AIN4 (Aksijalno opterećenje):** Vrijednosti aksijalnog opterećenja, koje bi trebale ostati stabilne na oko 0,1 jer nije primijenjeno nikakvo dodatno opterećenje, pokazale su odstupanja koja su rezultirala prosječnim vrijednostima oko 0,15. Ova razlika sugerira da postoji mogući problem u konfiguraciji senzora ili nepravilnosti u kalibraciji uređaja. Odstupanja mogu biti rezultat visoke osjetljivosti uređaja na vanjske uvjete ili nekonzistentnih kalibracijskih postupaka prije početka eksperimenta. Ovaj problem naglašava potrebu za daljnjom revizijom kalibracijskih procedura i postavki senzora

kako bi se smanjile pogreške u budućim mjerenjima te osigurala veća preciznost podataka.

Ova zapažanja naglašavaju potrebu za daljnjom optimizacijom eksperimentalnog postava i temeljitom analizom parametara sustava kako bi se identificirali potencijalni izvori pogrešaka te poboljšala točnost prikupljenih podataka. Ispravno podešavanje kalibracije i eksperimentalnih uvjeta ključni su za dugoročno poboljšanje performansi mjernog sustava u budućim istraživanjima.

6.2. Ključna zapažanja

- **Nepodudarnosti podataka:** Značajne razlike u srednjim vrijednostima za parametre vibracija (AIN1) i aksijalnog opterećenja (AIN4) ukazuju na to da problemi vjerojatno potječu iz hardverskih postavki ili specifičnih eksperimentalnih uvjeta. Ove neusklađenosti sugeriraju potrebu za daljnjom analizom vanjskih čimbenika koji mogu utjecati na stabilnost i konzistentnost podataka, kao što su kalibracija senzora, kvaliteta signala i specifične konfiguracije sustava. Posebna pažnja bit će posvećena osjetljivosti uređaja na promjene u dinamičkim uvjetima eksperimenta.
- **Daljnje istraživanje:** Budući koraci usmjereni su na preciznije određivanje i primjenu kalibracijskih vrijednosti, osobito u pogledu pomaka (offset) i razmjera (scale). Ti su parametri, uključeni tijekom razvoja aplikacije, ključni za ispravljanje nepravilnosti u prikupljenim podacima te su odmah prepoznati kao važni čimbenici za povećanje točnosti sustava. Potrebno je optimizirati eksperimentalne postavke i konfiguracije senzora kako bi se eliminirali izvori pogrešaka i osiguralo dosljedno prikupljanje podataka u svim uvjetima.
- **Izvedba softvera:** Usprkos zabilježenim odstupanjima u podacima, aplikacija je radila stabilno i u skladu s projektiranim specifikacijama. Problemi koji su se pojavili tijekom eksperimenata nisu povezani s funkcioniranjem softvera, već s vanjskim čimbenicima poput hardverskih postavki i kalibracije senzora. Stoga se može zaključiti da je aplikacija pouzdana u prikupljanju i obradi podataka. Međutim, dodatna prilagodba eksperimentalnog postava i senzorskih postavki nužna je kako bi se osigurala maksimalna točnost i konzistentnost podataka.
- **Prilagodbe za buduće eksperimente:** Usklađivanje hardverskih postavki, kao i optimizacija mjernih protokola, bit će ključno za poboljšanje pouzdanosti podataka u

budućim eksperimentima. Osiguravanje konzistentnosti i preciznosti u prikupljanju podataka omogućit će aplikaciji optimalne performanse u raznim eksperimentalnim uvjetima. Precizna kontrola svih čimbenika u eksperimentalnom okruženju doprinijet će boljoj stabilnosti sustava i većoj kvaliteti rezultata.

6.3. Praktične primjene i poboljšanja

1. **Integracija podataka ultrazvučnih senzora:** U budućnosti, web aplikacija LabJack T7 Pro može uključivati podatke iz ultrazvučnih senzora povezanih s drugim sustavima, poput SDT Vigilant sustava. Ova integracija omogućila bi sveobuhvatnije praćenje i analizu eksperimentalnih uvjeta, proširujući skup prikupljenih podataka i omogućujući istraživačima bolje donošenje odluka temeljeno na detaljnijim uvidima u dinamiku mjerenja. Kroz kombinaciju različitih senzora, aplikacija bi mogla pružiti cjelovitu sliku o stanju i performansama sustava, osiguravajući veću preciznost.
2. **Razvoj sučelja koji se izvodi u realnom ili približno realnom vremenu za praćenje podataka:** Implementacija sučelja koje bi u stvarnom vremenu prikazivalo trenutno stanje svih parametara pri zadanoj brzini skeniranja. Ovakav prikaz u neprestanom toku omogućio bi istraživačima uvid u podatke prije samog pokretanja eksperimenta, pružajući priliku za ranu identifikaciju potencijalnih problema u postavkama sustava. Vizualizacija podataka uživo osigurala bi da je eksperimentalni sustav ispravno konfiguriran prije početka prikupljanja, što bi smanjilo rizik od grešaka u mjerenju i gubitka podataka.
3. **Prilagodba korisničkog sučelja:** Daljnje prilagodbe korisničkog sučelja omogućile bi korisnicima personalizaciju aplikacije u skladu s njihovim specifičnim potrebama. Primjerice, mogućnost dodavanja prilagođenih prikaza, filtriranja podataka ili kreiranja predložaka za određene tipove eksperimenata. Ova fleksibilnost povećala bi učinkovitost istraživača, omogućujući im jednostavnije postavljanje eksperimenta i analizu podataka, a istovremeno bi osigurala da aplikacija bude prilagodljiva različitim laboratorijskim scenarijima i istraživačkim potrebama.
4. **Napredna vizualizacija podataka:** Implementacija naprednih alata za vizualizaciju, kao što su višedimenzionalni grafovi i prilagodljivi prikazi podataka, značajno bi unaprijedila sposobnost korisnika da razumiju i interpretiraju kompleksne podatke. Ovi alati omogućili bi istraživačima da otkriju obrasce i odnose među različitim

eksperimentalnim parametrima te identificiraju anomalije na temelju intuitivnih vizualnih reprezentacija.

5. **Automatska kalibracija senzora:** Uvođenje automatske kalibracije senzora prije svakog eksperimenta moglo bi značajno poboljšati točnost prikupljenih podataka. Ova funkcionalnost mogla bi se realizirati kroz softverski modul koji bi automatski pokretao postupak kalibracije, uspoređujući trenutne senzorske vrijednosti s unaprijed definiranim referentnim vrijednostima. Modul bi po potrebi prilagodio parametre kao što su offset (pomak) i scale (razmjer), čime bi se osigurala preciznost mjerenja i smanjila mogućnost ljudske pogreške. Na taj način bi se eliminirale potencijalne nepravilnosti u podacima, omogućujući dosljedno i pouzdano prikupljanje podataka u skladu s eksperimentalnim postavkama.

Razmatranjem i implementacijom ovih ideja za buduća poboljšanja, web aplikacija može se razviti u robusniju, učinkovitiju i sigurniju platformu, osnažujući istraživače s poboljšanim mogućnostima i osiguravajući integritet i pouzdanost eksperimentalnih podataka.

7. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavio je sveobuhvatan razvoj i implementaciju nadogradnje laboratorijskog sustava za ubranu degradaciju stanja ležajeva, s naglaskom na integraciju naprednog hardvera i softvera radi omogućavanja preciznog prikupljanja, obrade i analize podataka. Temeljni cilj istraživanja bio je razviti sustav koji će putem inovativne platforme optimizirati eksperimentalne procese te osigurati robusno i prilagodljivo prikupljanje podataka za naprednu analizu i donošenje informiranih odluka. Rezultat ovih napora je web-aplikacija MaintLAB BTS-P DAQ, koja je uspješno ostvarila postavljene ciljeve.

Korištenjem suvremenih tehnologija kao što su FastAPI, React i MySQL, razvijena je fleksibilna i pouzdana platforma koja omogućuje prikupljanje podataka u stvarnom vremenu i učinkovitu integraciju s LabJack T7 Pro uređajem. Ova integracija omogućila je istraživačima pristup sučelju koje osigurava učinkovito prikupljanje, obradu i prikaz podataka, značajno olakšavajući istraživačke procese i donošenje odluka u industrijskim okruženjima.

Ključna postignuća projekta uključuju uspješnu implementaciju web-aplikacije specijalizirane za potrebe laboratorijskih istraživanja. Aplikacija se ističe visokom razinom funkcionalnosti, intuitivnim korisničkim sučeljem i stabilnom integracijom s hardverskim komponentama, što omogućuje precizno provođenje eksperimenata i pouzdano generiranje podataka. Ovo u konačnici omogućuje donošenje informiranih odluka u kontekstu održavanja industrijskih sustava.

Eksperimentalni testovi provedeni u stvarnim uvjetima laboratorijskog okruženja potvrdili su stabilnost sustava i identificirali potencijalna područja za daljnju optimizaciju, osobito u vezi s kalibracijom senzorskih sustava. Ovi nalazi ukazuju na kontinuiranu potrebu za testiranjem i finim podešavanjem sustava kako bi se osigurala vrhunska preciznost i pouzdanost u dugoročnom radu.

Zaključno, MaintLAB BTS-P DAQ predstavlja kvalitetan iskorak u primjeni naprednih tehnologija za unaprjeđenje istraživačkih i industrijskih kapaciteta. Aplikacija pruža robusne mogućnosti za optimizaciju eksperimenata i upravljanje podacima, omogućujući istraživačima pojednostavljenje radnih procesa i donošenje točnijih odluka temeljenih na kvantitativnim podacima. Ovaj projekt također postavlja čvrste temelje za budući razvoj sličnih sustava, s

ciljem daljnjeg unaprjeđenja učinkovitosti u prediktivnom održavanju i industrijskim procesima.

POPIS LITERATURE

- [1] LabJack Corporation. (nd). Podatkovna tablica serije T. Preuzeto sa <https://support.labjack.com/docs/t-series-datasheet>
- [2] Abdelillah, Fidma Mohamed, et al. "Hibridni okvir za prediktivno održavanje temeljen na podacima i znanju u kontekstu industrije 4.0." *Međunarodna konferencija o inženjerstvu modela i podataka* . Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.
- [3] Flous, Lazy. "Izrada Full-Stack web aplikacije s FastAPI i React." srednje. <https://medium.com/@lazyflous/building-a-full-stack-web-application-with-fastapi-and-react-171f704d3aab>
- [4] Achouch, M. i sur. "O prediktivnom održavanju u industriji 4.0: pregled, modeli i izazovi." *Primijenjene znanosti*, knj. 12, 2022., str. 8081, doi:10.3390/app12168081z
- [5] Karippur, NK, Balaramachandran, PR, i John, E. "Podacima vođeno prediktivno održavanje za procesne industrije velikih razmjera s velikom imovinom u Singapuru." *Journal of Manufacturing Technology Management* , sv. prije tiska, br. prije tiskanja, 2024., <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2023-0173>.
- [6] Voron, François. *Izrada aplikacija za znanost podataka s FastAPI-jem: Razvijte, upravljajte i implementirajte učinkovite aplikacije strojnog učenja s Pythonom* . Packt Publishing Ltd, 2023.
- [7] Tiangolo. "FastAPI." FastAPI. <https://fastapi.tiangolo.com/>
- [8] Banks, Alex i Eve Porcello. *Učenje Reacta: moderni obrasci za razvoj React aplikacija* . O'Reilly Media, 2020.
- [9] "Reagiraj." Reagiraj. <https://react.dev/reference/react>
- [10] Goldberg, Josh. *Učenje TypeScripta* . "O'Reilly Media, Inc.", 2022.
- [11] "TypeScript." TypeScript. <https://www.typescriptlang.org/docs/>
- [12] Nixon, Robin. *Učenje PHP-a, MySQL-a i JavaScripta* . "O'Reilly Media, Inc.", 2021.
- [13] "MySQL." MySQL. <https://dev.mysql.com/doc/>
- [14] Richards, Mark i Neal Ford. *Osnove programske arhitekture: inženjerski pristup* . O'Reilly Media, 2020.
- [15] "Dijagram arhitekture sustava." EdrawSoft. <https://www.edrawsoft.com/article/system-architecture-diagram.html>

- [16] Mezmir, Esubalev Aman. "Kvalitativna analiza podataka: Pregled redukcije podataka, prikaza podataka i interpretacije." *Istraživanja humanističkih i društvenih znanosti* 10.21 (2020): 15-27.
- [17] Somvanshi, K. "Strukturiranje aplikacije FastAPI: Detaljan vodič." Medij, 08.10.2023. <https://medium.com/@ketansomvanshi007/structuring-a-fastapi-app-an-in-depth-guide-cdec3b8f4710>
- [18] Ballamudi, VKR, et al. "Početak razvoja modernog weba s Next.js: Neophodan React Framework." *Pregled digitalizacije i održivosti* 1.1 (2021.): 1-11.
- [19] Paghar, F. "Tehnike strukturiranja mapa za početnike do napredne React projekte." DEV zajednica. <https://dev.to/fpaghar/folder-structuring-techniques-for-beginner-to-advanced-react-projects-30d7>
- [20] "Shema baze podataka." IBM. <https://www.ibm.com/topics/database-schema>
- [21] Dhore, Prasad, et al. "Kratak pregled različitih pristupa i postupaka ručnog testiranja softvera." *Journal of Pharmaceutical Negative Results* (2023): 455-464.
- [22] Goh, Hock-Ann, Chin-Kuan Ho i Fazly Salleh Abas. "Razvoj i implementacija web-aplikacija za dubinsko učenje prednjeg dijela: pregled." *Primijenjena inteligencija* 53.12 (2023): 15923-15945.
- [23] GitHub repozitorij: <https://github.com/meraki1/Labjack-T7pro-project>

SAŽETAK

Naslov rada:

NADOGRADNJA LABORATORIJSKOG UREĐAJA ZA UBRZANU DEGRADACIJU STANJA LEŽAJEVA RAČUNALNIM SUSTAVOM ZA PRIKUPLJANJE I OBRADU PODATAKA

Autor:

Karlo Mišković

U ovom projektu istražuje se mogućnost nadogradnje laboratorijskog uređaja za ubrzanu degradaciju stanja ležajeva u cjelokupni laboratorijski sustav za prognoziranje održavanja kroz razvoj i implementaciju računalnog sustava za prikupljanje, pohranu i vizualizaciju podataka prikupljenih sa senzora.

Cilj projekta bio je razviti i integrirati sustav koji omogućava precizno prikupljanje, pohranu i vizualizaciju podataka o stanju ležajeva u stvarnom vremenu te tako podržati analizu podataka i donošenje odluka u kontekstu prediktivnog održavanja.

U projektu je korišten uređaj za prikupljanje podataka LabJack T7 Pro integriran u postojeći uređaj za ubrzanu degradaciju stanja ležajeva te suvremene web tehnologije za optimizaciju procesa eksperimentiranja, prikupljanja podataka i analize.

Dokument ocrtava ciljeve i obrazloženje projekta, naglašavajući važnost učinkovitog prikupljanja podataka i analize u scenarijima prognostičke simulacije kvara. Raspravlja se o doprinosima tehnologija kao što su FastAPI, React, TypeScript, MySQL te njihovoj primjeni u izvedbi projekta.

Opisan je arhitektonski pregled razvijenog računalnog sustava, koji ilustrira strukturu i interakcije sustava sa okolinom. Detaljno su opisane značajke kao što su konfiguracija uređaja, priprema za eksperiment, prikupljanje podataka, vizualizacija i pregled rezultata te je istaknuta njihova uloga u omogućavanju informiranog donošenja odluka i analize.

Nadalje, dokument opisuje procese instalacije i postavljanja razvijene nadogradnje te daje upute za konfiguriranje eksperimenata, prikupljanje podataka i tumačenje rezultata unutar sučelja web aplikacije. Također zadire u strukturu koda projekta, nudeći uvid u organizaciju pozadine, sučelja i komponenti baze podataka.

Važnost osiguranja kvalitete u razvoju softvera prepoznata je kroz kratku raspravu o metodologijama i alatima testiranja. Dokument predlaže buduća poboljšanja, s fokusom na poboljšanje sposobnosti, performansi i sigurnosti projekta.

Zaključno, dokument sažima postignuća projekta, naučene lekcije i njegovu relevantnost u širem kontekstu inženjeringa vođenog podacima i industrijske automatizacije.

Ključne riječi:

LabJack T7 Pro, web aplikacija, prikupljanje podataka, vizualizacija podataka, prediktivno održavanje

SUMMARY

Title:

UPGRADING A LABORATORY DEVICE FOR ACCELERATED BEARING DEGRADATION WITH A DATA ACQUISITION AND PROCESSING SYSTEM

Author:

Karlo Mišković

This project explores the potential for upgrading a laboratory device for accelerated bearing degradation into a comprehensive laboratory system for predictive maintenance through the development and implementation of a data acquisition, storage, and visualization system.

The goal of the project was to develop and integrate a system that enables precise real-time data acquisition, storage, and visualization of bearing condition, thereby supporting data analysis and decision-making in the context of predictive maintenance.

The project utilized the LabJack T7 Pro data acquisition device integrated into the existing bearing degradation device, as well as modern web technologies to optimize the experimentation, data collection, and analysis processes.

The document outlines the objectives and rationale of the project, emphasizing the importance of effective data collection and analysis in prognostic failure simulation scenarios. It discusses the contributions of technologies such as FastAPI, React, TypeScript, and MySQL, and their application in the project execution.

An architectural overview of the developed computer system is presented, illustrating the system's structure and interactions with its environment. Features such as device configuration, experiment preparation, data collection, visualization, and result review are described in detail, highlighting their role in enabling informed decision-making and analysis.

Furthermore, the document describes the installation and setup processes of the developed upgrade and provides instructions for configuring experiments, collecting data, and interpreting results within the web application interface. It also delves into the project's code structure, offering insights into the organization of the backend, frontend, and database components.

The importance of quality assurance in software development is recognized through a brief discussion of testing methodologies and tools. The document proposes future improvements, focusing on enhancing the capabilities, performance, and security of the project.

In conclusion, the document summarizes the project's achievements, lessons learned, and its relevance in the broader context of data-driven engineering and industrial automation.

Keywords:

LabJack T7 Pro, web application, data acquisition, data visualization, predictive maintenance