

PRIMJENA SENZORA PRI PROIZVODNJI BATERIJSKIH SUSTAVA ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE

Begović, Ahmed

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:117105>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ STROJARSTVO

AHMED BEGOVIĆ

**PRIMJENA SENZORA PRI PROIZVODNJI
BATERIJSKIH SUSTAVA ZA ELEKTRIČNE
AUTOMOBILE**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2024.

KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
PROFESSIONAL UNDERGRADUATE STUDY OF MECHANICAL
ENGINEERING

AHMED BEGOVIĆ

**APPLICATION OF SENSORS IN THE
PRODUCTION OF BATTERY SYSTEMS
FOR ELECTRIC CARS**

FINAL PAPER

KARLOVAC, 2024.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ STROJARSTVO

AHMED BEGOVIĆ

**PRIMJENA SENZORA PRI PROIZVODNJI
BATERIJSKIH SUSTAVA ZA ELEKTRIČNE
AUTOMOBILE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Filip Žugčić, mag. ing. el.

KARLOVAC, 2024.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:
602-11/ __-01/ __

Ur.broj:
2133-61-04- __-01

Datum:

ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime	Ahmed Begović		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta			
JMBAG			
Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	Stručni studij Strojarsva		
Godina upisa			
Datum podnošenja molbe			
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

Naslov teme na hrvatskom: PRIMJENA SENZORA PRI PROIZVODNJI BATERIJSKIH SUSTAVA ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE

Naslov teme na engleskom: APPLICATION OF SENSORS IN THE PRODUCTION OF BATTERY SYSTEMS FOR ELECTRIC CARS

Opis zadatka:

U ovom radu obrađujem primjenu senzora u proizvodnji baterijskih sustava, s posebnim naglaskom na tehnologije koje omogućuju sigurnost i učinkovitost u radu baterija. Pokazan je razvoj senzora te vrste senzora kao na primjer kapacitivni, induktivni, optički i magnetski, od kojih svaki ima specifičnu ulogu u detekciji elemenata baterijskih sustava.

Mentor: Filip Žugčić, mag.ing.el.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem se mentoru prof. mag.ing.el. Filipu Žugčiću na stručnoj pomoći i savjetima pri izradi ovog rada. Posebne zahvale upućujem svojim roditeljima, koji su mi, uz ostatak obitelji, bili najveća podrška i motivacija tijekom studiranja.

SAŽETAK

Tema završnog rada je primjena senzora pri proizvodnji baterijskih sustava za električne automobile. Ovaj završni rad detaljno analizira razvoj, vrste i primjenu senzora, s posebnim naglaskom na njihovu ulogu u proizvodnji baterijskih sustava. U uvodnim dijelovima rada razmatra se povijest senzora i njihove ključne faze razvoja. Zatim se opisuju osnovna podjela senzora. Svaka kategorija senzora je objašnjena s obzirom na njihovu funkciju i primjenu u industriji.

Drugi dio rada opisuje proces proizvodnje baterija, obuhvaćajući povijest njihovog razvoja te podjelu. Dio rada odnosi se i na Battery Management System (BMS) ili sustav upravljanja baterijom, koji je bitan za sigurnost i optimizaciju baterijskih sustava. U radu se objašnjavaju vrste BMS-a, njegova važnost te prednosti koje donosi u pogledu dugotrajnosti i efikasnosti baterija.

Završni i ključni dio rada posvećen je ulozi senzora u procesu proizvodnje baterijskih sustava.

Ključne riječi: senzori, kapacitivni senzori, induktivni senzori, optički senzori, magnetski senzori, baterije, baterijski sustavi

SUMMARY

The topic of the final paper is the application of sensors in the production of battery systems for electric cars. This thesis analyzes in detail the development, types and application of sensors, with special emphasis on their role in the production of battery systems. In the introductory parts of the paper, the history of sensors and their key stages of development are discussed. Next, the basic division of sensors is described. Each sensor category is explained with respect to their function and application in industry.

The second part of the paper describes the process of battery production, covering the history of their development and division. Part of the work also refers to the Battery Management System (BMS), which is essential for the safety and optimization of battery systems. The paper explains the types of BMS, its importance and the advantages it brings in terms of battery life and efficiency.

The final and key part of the paper is dedicated to the role of sensors in the process of manufacturing battery systems.

Key words: sensors, capacitive sensors, inductive sensors, optical sensors, magnetic sensors, batteries, battery systems

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. POVIJEST SENZORA	2
2.1. Faze u povijesnom razvoju senzora.....	3
3. PODJELA SENZORA	5
3.1 Vrste senzora.....	5
3.1.1. Kapacitivni senzori.....	5
3.1.2. Induktivni senzori.....	6
3.1.3. Svjetlosni i optički senzori.....	9
3.1.4. Magnetski senzori.....	11
4. BATERIJE	13
4.1. Nastanak baterija.....	13
4.2. Vrste baterija.....	13
4.2.1. Primarne baterije.....	13
4.2.2. Sekundarne baterije.....	14
4.3. Proces proizvodnje baterija.....	15
4.3.1. Proizvodnja elektroda (faza 1).....	15
4.3.2. Sastavljanje ćelija (faza 2).....	17
4.2.3. Oblikovanje, starenje i testiranje (faza 3).....	18
5. BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS) – SUSTAV UPRAVLJANJA BATERIJOM	20
5.1. Vrste BMS-a.....	21
5.2. Važnost sustava upravljanja baterijom.....	24
5.3. Prednosti sustava upravljanja baterijom (BMS).....	25
6. SENZORI PRI PROIZVODNJI BATERIJSKIH SUSTAVA	27
6.1. Detekcija elemenata baterijskih sustava (prisustvo i pozicioniranje).....	27
6.1.1. Sigurnosno rješenje (magnetski senzori).....	27
6.1.2. Detekcija ćelija (optički i induktivni senzori).....	28
6.1.3. Detekcija palete (RFID).....	33
7. ZAKLJUČAK	35
LITERATURA	36

POPIS SLIKA

Slika 1. Senzori u automobilu [1].....	3
Slika 2. Kapacitivni senzor za čvrste materijale [6].....	6
Slika 3. Kapacitivni senzor za fluide [6].....	6
Slika 4. Tijelo induktivnog senzora [15].....	7
Slika 5. Lice i indikatorsko svjetlo induktivnog senzora [15].....	7
Slika 6. Shema induktivnog senzora [11].....	7
Slika 7. PNP blizinski senzor [11].....	8
Slika 8. NPN blizinski senzor [11].....	8
Slika 9. Shematski dijagram optičkog senzora i simbol [11].....	9
Slika 10. Shematski dijagram optičkog senzora i simbol 2 [11].....	10
Slika 11. Shematski dijagram optičkog senzora i simbol 3 [11].....	11
Slika 12. Magnetski senzori [16].....	12
Slika 13. Neki oblici primarnih baterija.....	14
Slika 14. Litij-ionska baterija.....	15
Slika 15 Kalendiranje.....	16
Slika 16 Suhe sobe u proizvodnji baterija.....	17
Slika 17 Faze u procesu proizvodnje baterija [9].....	19
Slika 18. Baterijska ćelija, modul i paket.....	21
Slika 19. Struktura centraliziranog BMS-a [10].....	21
Slika 20. Modularna topologija BMS-a [10].....	22
Slika 21. Primarni/sekundarni BMS [10].....	23
Slika 22. Distribuirana struktura BMS-a [10].....	24
Slika 23. Otvorena vrata i kontakt vrata i magnetskog senzora.....	27
Slika 24. Sigurnosna bravica.....	28
Slika 25. Kašeta sa ćelijama.....	28
Slika 26. Detekcija pomoću magnetskih senzora.....	29
Slika 27. Prikaz hvataljke manipulacijskog robota.....	30
Slika 28. Signalna lampica induktivnog senzora.....	31
Slika 29. Optički senzor.....	31
Slika 30. Spremnik defektnih ćelija.....	32
Slika 31. Prikaz defektne ćelije unutar spremnika.....	32
Slika 32. Senzor prisustva (paleta nije prisutna) i RFID.....	34
Slika 33. Senzor prisustva (paleta je prisutna), RFID identificira paletu.....	34

1. UVOD

Danas se sve veći naglasak stavlja na održivost i smanjenje emisija štetnih plinova, a električni automobili su jedna od ključnih komponenata u prelasku ka ekološki prihvatljivijem sustavu. Potrebno je unapređivati tehnologije koje njihovu proizvodnju čine sigurnijom, efikasnijom i ekonomičnijom. Zato je ključan dio koji doprinosi ovim ciljevima primjena senzora u proizvodnji baterijskih sustava.

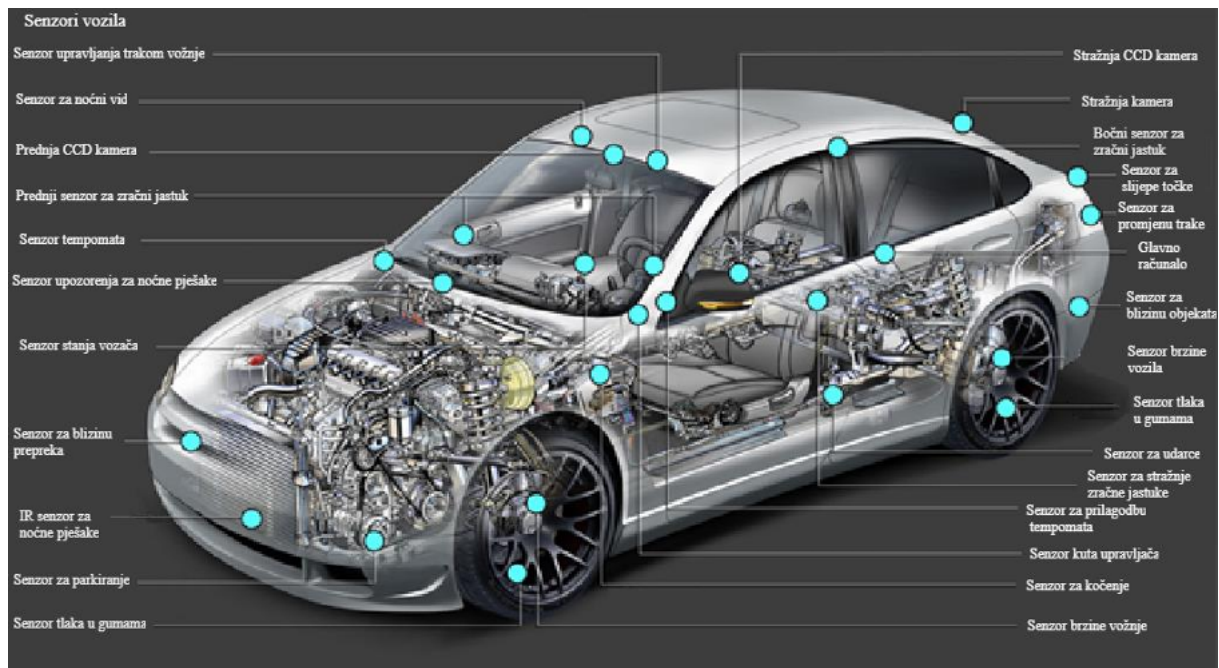
Baterijski sustavi su srce električnih automobila jer pružaju energiju potrebnu za njihovo kretanje. Da bi se osigurala visoka pouzdanost, dugovječnost i efikasnost ovih sustava, potrebno je nadgledanje i kontrola tokom procesa proizvodnje, a senzori su ti koji igraju glavnu ulogu u tome. Senzori omogućavaju prikupljanje podataka, preko kojih se vrši analiza i optimizacija različitih aspekata proizvodnje baterija. Primjena senzora u proizvodnji baterijskih sustava ima širok spektar upotrebe, uključujući praćenje napona, struje, temperature, ali i detekciju nepravilnosti i grešaka. Integracijom senzora proizvođači imaju mogućnost unapređenja kontrole kvalitete, smanjenja troškova i sigurnosti proizvodnje.

Ovaj rad će istražiti različite vrste senzora koje se koriste u proizvodnji baterijskih sustava za električne automobile, njihove funkcije i prednosti koje donose, kao i primjere njihove primjene. Razumijevanje i uključivanje ovih tehnologija ključni su za održavanje konkurentnosti na tržištu.

2. POVIJEST SENZORA

Korijen riječi senzor potiče od latinske riječi „Sensus“ , a znači osjećaj ili osjetilo. Ova riječ je preuzeta u hrvatski jezik kao i u mnoge druge jezike, pritom zadržavajući svoj osnovni značaj. Ovaj uređaj (senzor) najprije opaža određeni događaj , a zatim ga transformira u odgovarajući signal (na primjer električni). Taj se signal dalje obrađuje ovisno o svrsi. Senzori imaju svoju funkciju u širokom spektru predmeta: senzori u automobilima, mobilnim uređajima i slično. Dakle primjenjuju se u svim poljima važnima za čovjeka kao što su medicina, zrakoplovstvo, automobilska industrija, robotika i mnogim drugima.

S razvojem znanosti razvijali su se i senzori, a upravo u automobilskoj industriji uočiti se može najveći razvoj senzora u povijesti. Samuel Bagno sredinom dvadesetog stoljeća izumio je prvi suvremeni senzor koji se koristio kao protuprovalni alarm. Senzor pokreta razvio se za vrijeme Drugog svjetskog rata. Senzor se sastojao od mreže ultrazvučnih valova koje je modem odašiljao širom prostorije te su se oni vraćali u modem odbijanjem od statičkih objekata. [1] Senzori za pokret su se zahvaljujući razvoju tehnologije počeli koristiti u svrhu zabave (senzori u daljinskim upravljačima i joystick-ima). Osim toga, senzori se primjenjuju kod automobila, na primjer, za pomoć pri parkiranju. Lambda sonda je senzor kojemu je zadatak prosljeđivanje informacija o tome koliki se postotak kisika nalazi u ispušnim plinovima automobila. [1] Lambda sonde izumljene su 1970. godine u tvrtki 3 Robert Bosch. To je dovelo do veće potražnje za lambda sondama što je potaklo daljnji razvoj senzora, pogotovo u automobilskoj industriji. Današnji automobili mogu sadržavati mnoštvo senzora različite složenosti, a neki od njih prikazani su na slici 1.



Slika 1. Senzori u automobilu [1]

2.1. Faze u povijesnom razvoju senzora

Kroz vrijeme senzori su odigrali ključnu ulogu u transformaciji načina na koji ljudi komuniciraju sa svijetom. Ovdje će se navesti povijesni prikaz evolucije senzorske tehnologije.

1. Analogna faza

Porijeklo senzora može se pratiti unazad do vremena kada su jednostavni uređaji otkrivali fizičke promjene (na primjer živin termometar koji je radio na principima analognog senzora).

2. Faza uspona poluvodičkih senzora

Pojava tehnologije poluvodiča označila je značajnu prekretnicu u evoluciji senzora. Poluvodički senzori (kao što su termistori i fotootpornici), doveli su do poboljšane osjetljivosti. Ovo je potaknulo integraciju senzora u razne elektrotehničke komponente i industriju.

3. Digitalna faza

U ovoj fazi došlo je do prihvaćanja digitalnih senzora. Oni pretvaraju analogne signale u binarni kod, omogućujući precizniju i pouzdaniju obradu podataka. Ovaj

prijelaz ne samo da je poboljšao točnost, već je i olakšao integraciju senzora u složene digitalne sustave.

4. Faza mikroelektromehaničkih sustava (MEMS)

Pojava MEMS tehnologije dodatno je potaknula evoluciju senzora; MEMS senzori omogućili su povećanu funkcionalnost. Akcelerometri, žiroskopi i tlačni senzori postali su sastavni dijelovi u uređajima poput pametnih telefona i automobilskih sustava.

5. Internet of Things (IoT) faza

U suvremenom dobu senzori su postali nezamjenjivi u kontekstu IoT-a. Međusobna povezanost uređaja uvelike se oslanja na senzore koji prikupljaju i prenose podatke za pametne aplikacije.

6. Faza integracije umjetne inteligencije

Integracija umjetne inteligencije (AI) sa senzorskom tehnologijom predstavlja najnoviju pojavu. Ovo je sensorima omogućilo prikupljanje podataka, analizu i inteligentan odgovor. Ova simbioza otvara vrata aplikacijama u autonomnim vozilima, zdravstvu i nadzoru okoliša.

7. Buduća faza

Dok gledamo u budućnost, evolucija tehnologije senzora ne pokazuje znakove usporavanja. Budućnost nosi mnoge mogućnosti za senzore koji nisu samo napredniji nego su i neprimjetno integrirani u naše života.

Ukratko, razvoj senzora odražava kontinuiranu potragu za preciznošću, učinkovitošću i inteligencijom. Ova evolucija je oblikovala uređaje koje svakodnevno koristimo i postavila temelje za budućnost u kojoj će senzori i dalje biti na čelu tehnoloških inovacija. [2]

3. PODJELA SENZORA

Senzori se dijele prema vrsti, karakteristikama i složenosti. Najvažnija podjela je ona podjela prema prirodi izlazne veličine. Njihov izlazni signal može biti električni i mehanički.

Senzori čiji izlazni signal je električni se dijele prema izvoru napajanja na pasivne i aktivne. Pasivni se dijele na senzore otpora, kapacitivne i induktivne senzore (zahtijevaju stalno napajanje strujom), a aktivni se dijele na elektromagnetske i termoelektrične senzore (ne zahtijevaju stalno napajanje strujom).

S druge strane, senzori čiji je izlazni signal mehanički se najčešće koriste kao primarni senzorski element nakon čega se koriste senzori s električnim izlaznim signalom. [3]

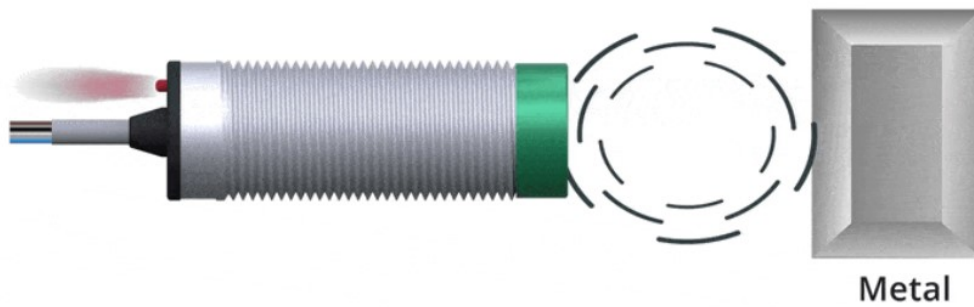
3.1 Vrste senzora

3.1.1. Kapacitivni senzori

Kapacitivni senzori su senzori koji mjere linearne pomake i sastavljeni su od nekoliko metalnih ploča odijeljenih izolacijskim materijalom.

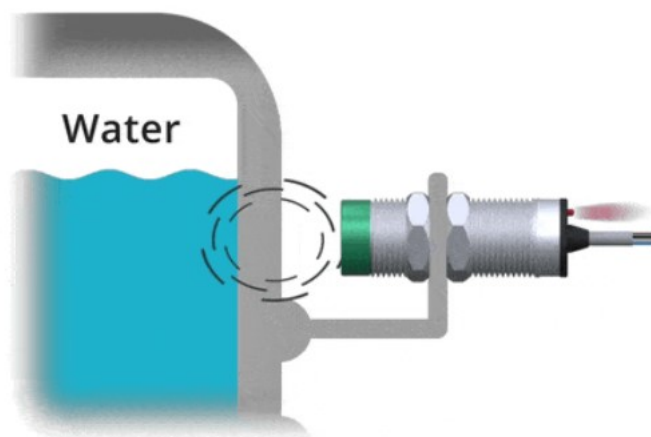
Mogu se upotrebljavati u svrhu određivanja razine vode i ostalih fluida u obliku krajnjeg prekidača. Negativna strana senzora je nakupljanje prašine na radnoj površini senzora što dovodi do mogućnosti davanja pogrešnoga signala, a pozitivna to što mogu detektirati traženi pomak kroz krutu barijeru. [5]

Također, kapacitivni senzor je elektronički uređaj koji može otkriti čvrste ili tekuće objekte bez fizičkog kontakta. Za otkrivanje ovoga, kapacitivni senzori emitiraju električno polje sa senzorskog kraja senzora. Neki od čvrstih materijala koje kapacitivni senzor može otkriti su sve vrste metala, plastike, drvo, papir, staklo i tkaninu. [6]



Slika 2. Kapacitivni senzor za čvrste materijale [6]

Kapacitivni senzori također mogu otkriti tekućine poput vode, ulja i boje.

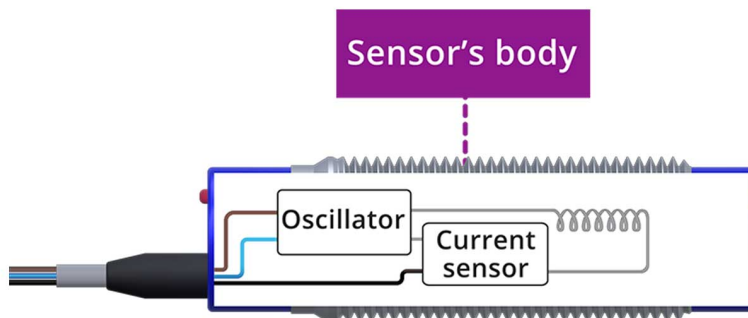


Slika 3. Kapacitivni senzor za fluide [6]

3.1.2. Induktivni senzori

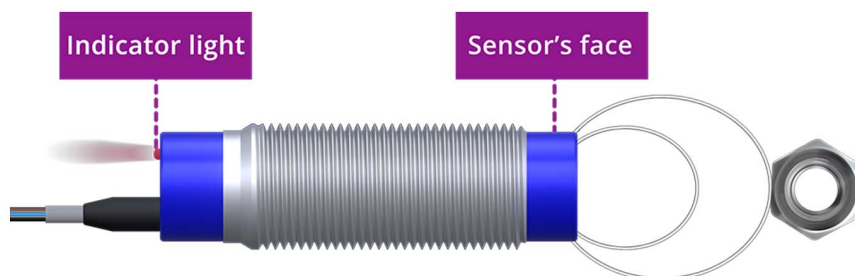
Induktivni senzor može biti aktivan i pasivan. Nije osjetljiv na vodu, prljavštinu, udarce i sl. što su neke od njegovih pozitivnih strana. Ovo je elektronički uređaj koji može otkriti željezne metale bez fizičkog kontakta. Također može identificirati obojene metale poput aluminija ili bakra. Raspon osjeta induktivnih senzora je ograničen i ovisi o različitim faktorima, prvenstveno o udaljenosti, ali i o vrsti metala.

Četiri glavna vanjska dijela induktivnog senzora su tijelo senzora, prednja strana senzora, svjetlosni indikator i kraj kabla ili kraj konektora kabla. Unutar tijela senzora nalazi se strujni krug koji omogućuje rad senzora.



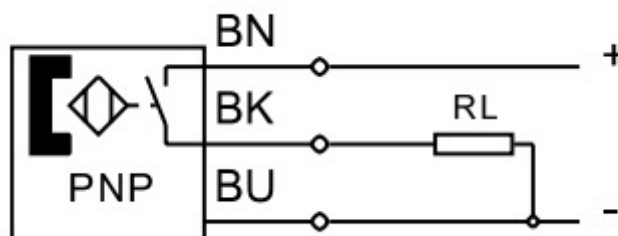
Slika 4. Tijelo induktivnog senzora [15]

Lice je dio senzora koji otkriva metale. Svjetlo indikatora se uključuje kada je cilj unutar dometa senzora. Induktivno lice senzora i indikatorsko svjetlo su prikazani na slici 5.



Slika 5. Lice i indikatorsko svjetlo induktivnog senzora [15]

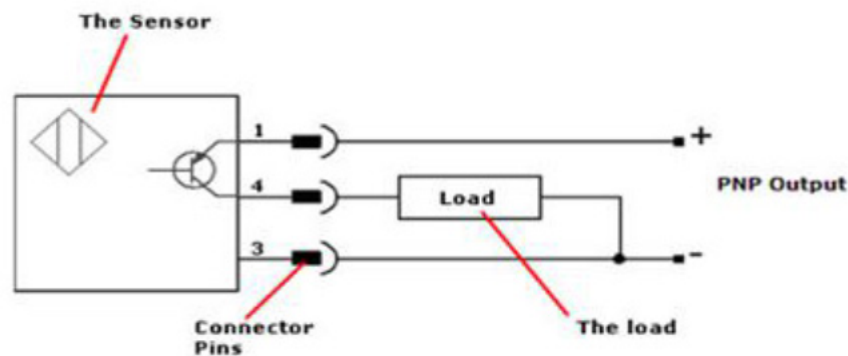
Na slici 6 prikazana je shema induktivnog senzora.



Slika 6. Shema induktivnog senzora [11]

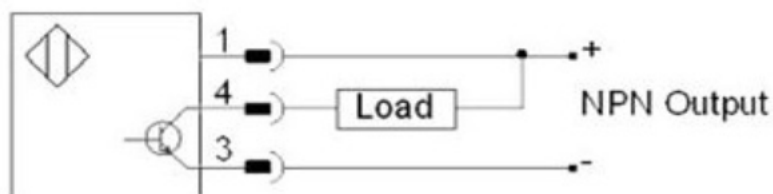
BN (brown) predstavlja smeđu žicu, BK (black) crnu, a BU (blue) plavu. BN žica spaja se na + izvor, BU na -, a BK služi za odašiljanje signala. RL je signalna lampica koja potvrđuje da je kontakt ostvaren.

Blizinski senzori se mogu podijeliti u dvije vrste u ovisnosti o radu tranzistora i njihovim izlazima. To su PNP i NPN. PNP (izvorski) senzori ili kombinacija detektora i izlaznih krugova izrađeni su od PNP tipova tranzistora. Kod njih struja teče prvo kroz tranzistor i to od emitera (spojenog na napon izvora + U_{cc}) prema izlazu tranzistora sve do tereta (PLCa) i dalje prema - U_{cc} konekciji. Zbog takvog načina rada senzora kao strujnog izvora (PNP tranzistor je prespojio teret na + pol izvora) takvi se senzori nazivaju i izvorski senzori [11]. PNP senzor je prikazan na slici ispod:



Slika 7. PNP blizinski senzor [11]

Padajući NPN senzor u svome radu upravo je suprotan izvorskim sensorima ili PNP sensorima. Kod ovog tipa senzora struja teče prvo kroz teret zatim kroz tranzistor s time da je emiter tranzistora spojen izravno na - U_{cc} konekciju. Shema NPN senzora je prikazan na slici ispod: [11]



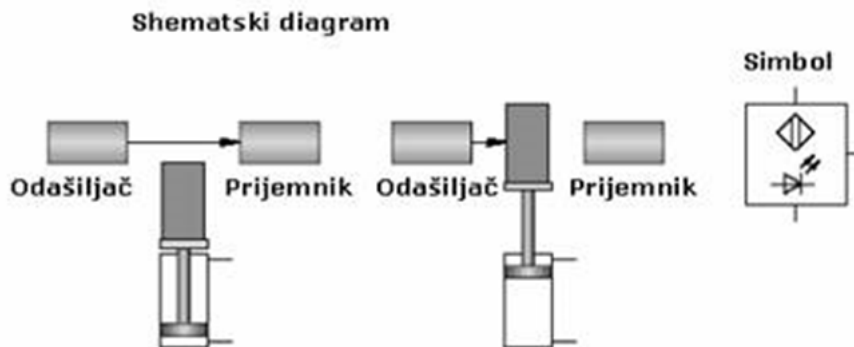
Slika 8. NPN blizinski senzor [11]

3.1.3. Svjetlosni i optički senzori

Dok se svjetlosni senzori koriste za detekciju svjetla, optički služe beskontaktnom detektiranju predmeta.

Optički senzori se za uočavanje predmeta koriste optikom i elektronikom. Senzori rade sa crvenim i infracrvenim svjetlom. Poluvodičke diode koje proizvode svjetlost (LED) su posebno pouzdan izvor crvenog i infracrvenog svjetla. Male su, robusne, imaju dug radni vijek i lako ih je ugraditi. Kao prijemnici se koriste fotodiode i fototranzistori. Pri namještanju prednost imaju senzori s vidljivom, crvenom svjetlošću, za razliku od nevidljive infracrvene. Osim toga za valne duljine crvene svjetlosti mogu se bez problema prigušenja svjetla koristiti polimerni optički vodovi. [11]

Optički senzori pretvaraju svjetlosne zrake u električne signale koji mjere fizičku količinu svjetlosti. Ovi senzori nemaju pokretnih dijelova, ne podliježu utjecaju visokog tlaka ili temperature, male su veličine, mogu se koristiti u tekućinama. Mogu se koristiti kao indikatori niske razine za sprječavanje stanja rada na suho pri korištenju ulja, rashladne tekućine ili hidraulike. [7]



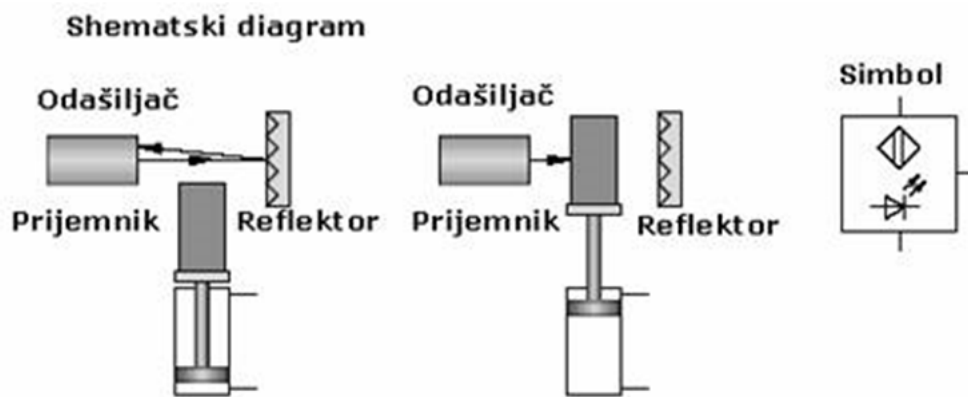
Slika 9. Shematski dijagram optičkog senzora i simbol [11]

Optoelektronički prekidači reagiraju bezkontaktno na sve materijale npr. na staklo, plastiku, drvo, tekućine, metal... Njihov način djelovanja bazira se na refleksiji svjetla koje se odašilje prema mediju (materijalu). Optički senzori blizine se obično sastoje od dva glavna dijela: izvora svjetla i prijemnika. Ovisno o vrsti primjene, potrebni su reflektori i optički vodovi. Izvor i prijamnik su ili postavljeni u isto kućište (difuzijski i

zrcalni senzori) ili u odvojena kućišta (prolazni senzori – optička vrata, optička brana). Razlikujemo tri tipa optičkih senzora blizine:

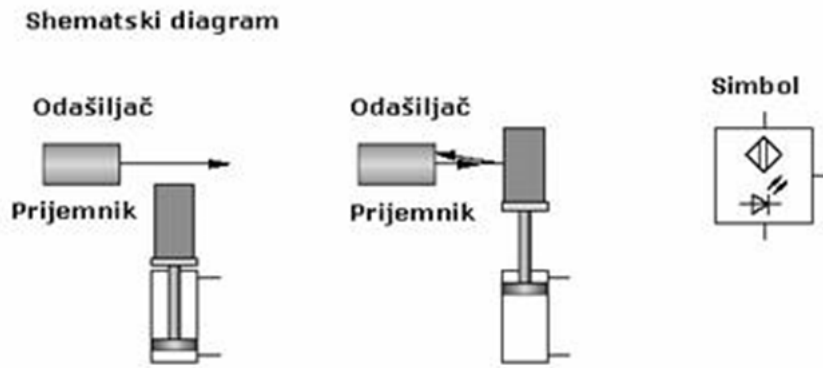
1. Svjetlosna brana s predajnikom i prijemnikom (prolazni senzor)
2. Svjetlosna refleksna preklopka (refleksni senzor)
3. Svjetlosno reflektirajući preklopnik (difuzni senzor)

Svjetlosna brana s predajnikom i prijemnikom (prolazni senzor) još se naziva jednosmjerna svjetlosna preklopka je optički senzor s odvojenim odašiljačem i prijemnikom postavljenim tako da je svjetlosna zraka odašiljača usmjerena na prijemnik. Izlaz prijemnika daje signal ako se ta zraka prekine. „Senzor se aktivira mrakom”. [11]



Slika 10. Shematski dijagram optičkog senzora i simbol 2 [11]

Svjetlosna refleksna preklopka (refleksni senzor) je tip optičkog senzora kod kojeg su odašiljač i prijemnik smješteni u zajedničkom kućištu. Reflektor je jedna refleksna površina koja se postavi tako da se odašiljana zraka kompletno reflektira i vrati do prijemnika. Također u slučaju prekidanja zrake na izlazu se pojavi signal. [11]



Slika 11. Shematski dijagram optičkog senzora i simbol 3 [11]

Svjetlosno reflektirajući preklopnik (difuzni senzor) se također sastoji od odašiljača i prijemnika u jednom kućištu, ali nema reflektor. Umjesto reflektora zraka se reflektira od predmeta koji dođe u blizinu. Zbog takvog principa rada svjetlosno reflektirajući optički senzor se upotrebljava na manjim udaljenostima. Također, predmet čija se blizina mora detektirati, mora imati dobru reflektirajuću površinu (na primjer polirana metalna površina ili svjetlo obojena površina). [11]

3.1.4. Magnetski senzori

Magnetski senzori položaja naširoko se koriste u raznim sektorima zbog svojih beskontaktnih i nehabajućih sposobnosti. Ovi uređaji omogućuju mjerenje linearnog i kutnog pomaka u raznim primjenama, od automobilskih sustava i industrijske automatizacije do potrošačke elektronike i zrakoplova.

Senzorske komponente unutar uređaja otkrivaju promjene u magnetskom polju i pretvaraju ih u električne signale. Magnetski senzor sastoji se od čipa s magnetootpornom komponentom koja se koristi za otkrivanje magnetskog vektora. Čip koji se koristi u senzoru može se koristiti za očitavanje promjene unutar magnetskog vektora. Ovaj vektor primjećuje ponašanje magnetskog tijela ovisno o promjeni vrijednosti otpora magnetootporne komponente. Kad god dođe do pomaka magnetskog vektora zbog magneta u suradnji s magnetskim tijelom, tada će to biti gibanje unutar senzorskog čipa.



Slika 12. Magnetski senzori [16]

4. BATERIJE

4.1. Nastanak baterija

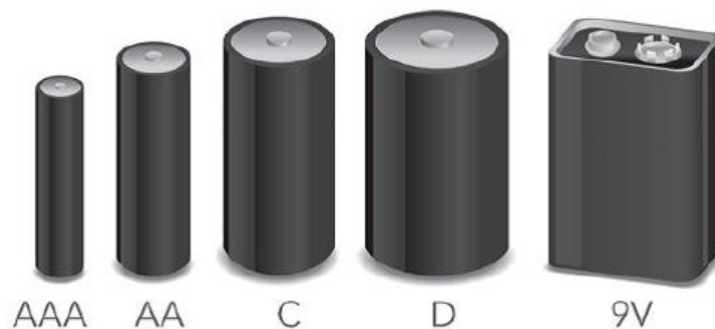
Pojava ćelija za skladištenje energije (baterija) označila je prekretnicu u industrijskoj proizvodnji i svijetu općenito. Riječ „baterija“ (na engleskom jeziku „battery“) prvi se puta pojavila još u 18. stoljeću. Benjamin Franklin je u svojim pokusima koristeći tu riječ imenovao skup povezanih kondenzatora. Nadalje, talijanski fizičar Luigi Galvani je tijekom seciranja žabe smještene na brončanu kuku uočio trzanje žabljeg kraka prilikom dodirivanja vlažne žablje kože metalnim skalpelom. Galvani je to pripisao običnoj kontrakciji noge, a kasnije je Alessandro Volta, talijanski fizičar i kemičar, došao do zaključka da je trzaj rezultat spajanja dva metala posredovanjem vlažne površine žabe. On je također izradio bateriju koja je omogućavala malu potrošnju tijekom mirovanja. Revolucionaran izum bila je prva baterija francuskog fizičara i izumitelja Gastona Plantea koja se mogla puniti. Japanski izumitelj Sakizo Yai također je imao važnu ulogu u razvoju baterija. On je izumitelj prve cink-ugljične tj. takozvane suhe baterije koja se koristi i dan danas. U procesu nastanka baterija, ističe se i švedski izumitelj Waldemar Jungner zahvaljujući kojemu je nastala prva alkaloidna baterija i to u zadnjoj godini 19. stoljeća. Osamdeset godina kasnije pojavljuje se ekološki prihvatljivija nikal-metal-hibridna baterija za manje uređaje. Na samom kraju ovog povijesnog putovanja počele su se izrađivati baterije s litijem što je uvelike unaprijedilo proizvodnju baterija. [8]

4.2. Vrste baterija

4.2.1. Primarne baterije

Primarne su baterije najjednostavnije vrste baterija koje su namijenjene jednokratnoj upotrebi. Drugim riječima, kada se potroše ne mogu se više koristiti, već se trebaju reciklirati. Ovakve se baterije sve manje i manje koriste radi povećane dostupnosti sekundarnih baterija. Sekundarne su baterije punjive, dakle, nakon potrošnje mogu se napuniti i ponovo koristiti. Osim toga, njihova cijena postala je financijski prihvatljivija nego ranije. Osim što su jednokratne, primarne se baterije zagrijavaju tijekom procesa pražnjenja. Unatoč ovim manama, primarne baterije nisu posve izbačene iz upotrebe. One se koriste kada punjenje nije moguće. Prve primarne

baterije koje su zauzimale značajnije mjesto u proizvodnji i upotrebi baterija bile su cink-ugljik baterije (čiji napon iznosi 1,5 V). Zbog pristupačnosti u cijeni koriste se i dalje, a njihov vijek trajanja poprilično je kratak. Osim njih, neke druge vrste primarnih baterija su: cink-klorid baterije, alkalne baterije, srebro-oksidi baterije, litij baterije i druge. Zbog manjka cink-ugljik baterija počele su se proizvoditi cink-klorid baterije. One su se, zbog boljeg funkcioniranja u uvjetima rada kao što su niske i visoke temperature, pokazale boljima od svojih prethodnica (cink-ugljik baterija). Nešto skuplje, alkalne baterije imaju dosta veći kapacitet od prethodno nabrojanih primarnih baterija. Danas se od primarnih baterija najčešće upotrebljavaju upravo one, a napon im iznosi 1,5V. Manje baterije oblika sličnog kovanicama nazivaju se srebro-oksidi baterije. Najčešće se koriste u satovima i ostalim manjim uređajima te posjeduju veliki kapacitet po jedinici mase. Na kraju, litij baterije poznate su po tome što imaju veći kapacitet energije i podnose teže uvjete rada. [8]



Slika 13. Neki oblici primarnih baterija

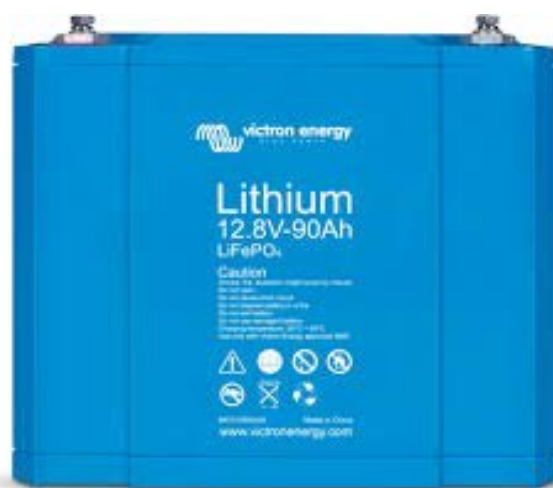
4.2.2. Sekundarne baterije

Kao što je već navedeno, za razliku od primarnih, sekundarne baterije mogu se napuniti. Punjivu bateriju izumio je Gaston Planté shvativši da struja može prolaziti u obrnutom smjeru od onog kada se baterije prazne. Sekundarne se baterije često nazivaju akumulatorima i imaju široku primjenu (od igračaka do automobila). Sekundarne baterije mogu se koristiti na dva načina. Prvi način je da su stalno spojene na izvor napajanja, a drugi je da se nakon pražnjenja ponovno napune. Ove baterije koriste se u situacijama kada je potrebna veća snaga baterije te omogućuju razvoj automobila i ostalih električnih strojeva. Njihovu proizvodnju učinile su isplativom. Jedna od najzastupljenijih sekundarnih tj. punjivih baterija današnjice je litij-ionska baterija. [8]

4.2.2.1. Litij-ionska baterija

Litij-ionske baterije su napredne sekundarne baterije u kojima se koriste litijevi ioni. Tijekom pražnjenja litijevi ioni odlaze s negativne anode na pozitivnu katodu, a prilikom punjenja proces je obrnut. Između ovih elektroda nalazi se separator (pregrada), dok se sve u cijelosti nalazi u elektrolitu radi omogućavanja gibanja ionima. Kućišta litij-ionskih baterija pravilnih su oblika.

Prednost ovih baterija je što nema memorijskog efekta i ne treba ih duboko prazniti prije ponovnog punjenja, imaju malu struju samopražnjenja, te veliku energetske gustoću. [8]



Slika 14. Litij-ionska baterija

4.3. Proces proizvodnje baterija

Nakon dobivanja sirovina, u procesu proizvodnje baterija slijede tri glavne faze:

4.3.1. Proizvodnja elektroda (faza 1)

Prvi je korak u proizvodnji baterije proizvodnja dva pokrivna sloja koji se nazivaju elektrodama. U ovoj je fazi važno izbjeći miješanje materijala. Zbog toga mnoge tvornice imaju dvije odvojene proizvodne linije: jednu za anodu i drugu za katodu. Anoda je najčešće izrađena od bakrene folije obložene grafitom, a katoda od aluminijske folije obložene odabranim kemijskim sastavom.

U sklopu ove faze nalaze se četiri važne aktivnosti koje čine proizvodnju elektroda:

1. aktivnost: miješanje

U procesu proizvodnje elektroda prvi je korak proizvodnja mješavine poznatije pod imenom suspenzija. Suspenzija je mješavina aktivnih materijala s tekućinom i vezivom. Ovaj postupak je ključan za naknadno vezanje aktivnog materijala na kolektor struje, koji će potom prenijeti elektrokemijsku energiju kroz pločice ćelije.

2. aktivnost: premazivanje i sušenje

Kada je suspenzija proizvedena, kroz sustav cjevovoda prenosi se do područja za nanošenje, gdje se tiska na metalnu foliju koja se odmotava. Tamo se suspenzija taloži, a njome obložena folija nastavlja svoj proces kroz peć za sušenje gdje otapalo isparava ostavljajući aktivni materijal pričvršćen i ravnomjerno raspoređen na foliji. Postupno sušenje ključno je za dobivanje kvalitetne elektrode te zahtijeva iznimno dugačke pećnice.

3. aktivnost: kalendiranje

Sljedeći korak u procesu proizvodnje baterija je kalendiranje: proces u kojemu elektrode (obložene aktivnim materijalom) prolaze kroz valjke (kalendre) kako bi se postigla željena gustoća i debljina. Obložene role putuju kroz dva zagrijana valjka da bi se materijal sabio i tako osigurala konstantna debljina, gustoća i bolje prijanjanje.



Slika 15 Kalendiranje

4. aktivnost: rezanje

Slijedi postupak rezanja u kojemu valjci koji dolaze iz procesa kalendiranja prolaze kroz niz oštrica koje ih režu na više manjih valjaka koji odgovaraju konačnom dizajnu. [9]

4.3.2. Sastavljanje ćelija (faza 2)

Nakon što je faza proizvodnje elektroda dovršena prelazi se na fazu sastavljanja ćelija. Jedan od najvažnijih zahtjeva ove faze je njezino provođenje u suhom okruženju kako bi se izbjeglo zadržavanje vlage u elektrodi. Vлага može dovesti do neželjenih posljedica kao što su degradacija i gubitak kapaciteta. Stoga elektrode prolaze kroz proces sušenja koji smanjuje preostalu vlagu i transportiraju se u klimatski kontroliran prostor koji osigurava kvalitetu ćelija. Ovakav prostor naziva se „suha soba“ i on se inače održava na točki rosišta od oko -40°C .



Slika 16 Suhe sobe u proizvodnji baterija

U ovoj fazi elektrode se režu i sastavljaju u svoje kućište. Iako se ovaj proces razlikuje ovisno o formatu ćelije, i u njemu postoji nekoliko glavnih aktivnosti:

1. aktivnost: urezivanje

Za vrećice ćelija, sljedeći je korak rezanje koje pretvara presvučene role u pojedinačne listove elektroda. Stroj za rezanje odmotava foliju i proizvodi pravokutne elektrode koje na sebi sadržavaju i nepremazano područje (važno u sljedećoj aktivnosti). Proces rezanja može se izvesti na dva načina: mehaničkim rezanjem (matricom s oštricama) i laserskim rezanjem. Iako mehanički sustav obično smanjuje troškove, zahtijeva redovito oštrenje i zamjenu oštrica. S druge strane, laser ne zahtijeva izravan kontakt s elektrodama i nudi veću fleksibilnost.

2. aktivnost: slaganje

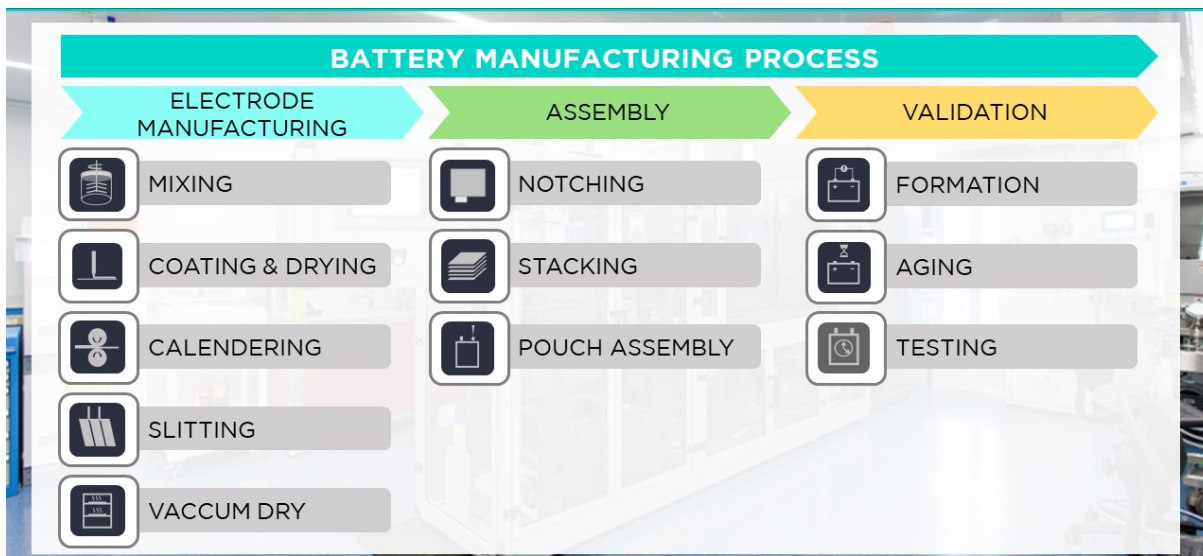
Nakon što se proizvedu pojedinačni listovi, oni prolaze kroz proces slaganja, koji je obično najkompleksniji. Ovo je faza u kojoj se spajaju vodovi katode i anode. Cilj je naizmjenično slagati anodne slojeve, separatorske i katodne slojeve, dok nepremazane pločice ostaju izložene. Najčešća metoda je tzv. Z-slaganje, gdje se separator savija preko svakog sloja elektrode u „cik-cak“ pokretu. Druga metoda slaganja je slaganje putem laminacije. Ova metoda spaja dvije komponente zajedno (separator/anoda/separator) i one se kasnije naizmjenično slažu između katodnih slojeva.

3. aktivnost: sastavljanje vrećastih ćelija

Nakon što je slaganje završeno, izložene pločice elektroda moraju se pričvrstiti na glavne priključke postupkom zavarivanja. Ćelija se zatim stavlja u prethodno oblikovani materijal za pakiranje i zatvara, ostavljajući otvoreni rub za punjenje elektrolitom. Nakon vakuumske zatvaranja preostalog ruba, proizvod se namače satima prije oblikovanja, starenja i faze testiranja.

4.2.3. Oblikovanje, starenje i testiranje (faza 3)

U ovoj fazi ćelija prolazi fazu kondicioniranja. U fazi formiranja, starenja i testiranja ćelija se inicijalno puni i podvrgava se testovima za procjenu njezinih karakteristika i performansi. Testovi se mogu razlikovati u redoslijedu i ponavljanjima ovisno o proizvođaču, te ćelije mogu provesti tjedne u ovoj posljednjoj fazi. Nakon što je ova faza završena, proizvod je spreman za korištenje. [9]



Slika 17 Faze u procesu proizvodnje baterija [9]

5. BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS) – SUSTAV UPRAVLJANJA BATERIJOM

Sustavi upravljanja baterijama (BMS) nadziru i reguliraju punjenje i pražnjenje baterija. Osim toga, prate određene karakteristike baterija kao što su napon, kapacitet, temperatura, vrsta baterije, stanja napunjenosti, potrošnja energije, preostalo vrijeme rada i slično.

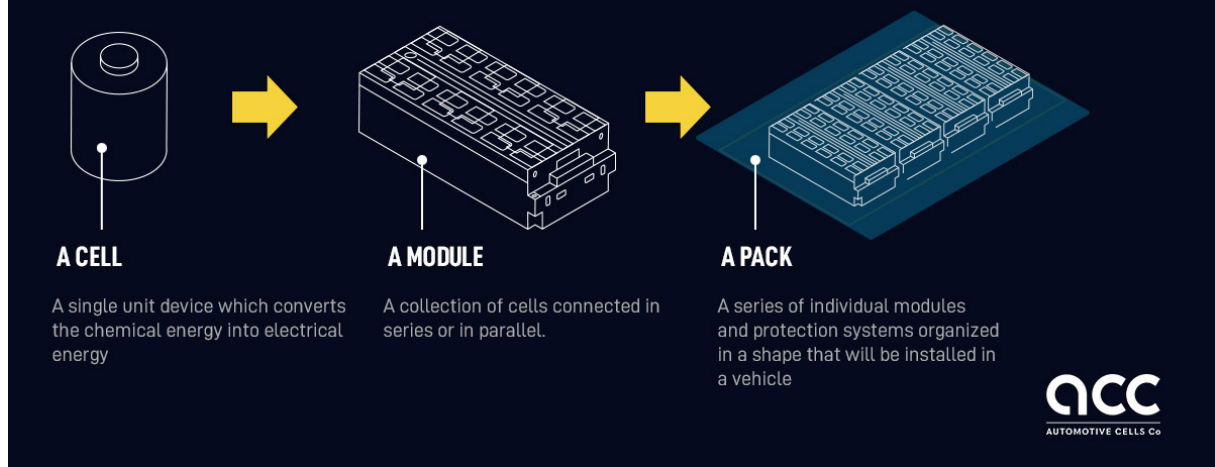
Nadzor koji BMS obično uključuje [9]:

- Praćenje baterije
- Pružanje zaštite bateriji
- Procjena operativnog stanja baterije
- Optimiziranje performansi baterije
- Izvještavanje vanjskih uređaja o radnom statusu

Pojam "baterija" podrazumijeva cijeli paket, ali nadzor i upravljanje posebno se primjenjuju na pojedinačne ćelije ili skupine ćelija koje se nazivaju moduli. Ćelija je uređaj koji pretvara kemijsku energiju u električnu. Modul je skupina ćelija povezanih u seriji ili paraleli, dok je paket serija modula i zaštitnih sustava povezanih u oblik koji će biti instaliran u električni automobil. (Slika 18.)

Litij-ionske punjive ćelije imaju najveću gustoću energije i standardni su izbor za pakete baterija za mnoge proizvode. Sustav upravljanja baterijom (BMS) ima izazovan opis posla čija složenost može obuhvaćati mnoge discipline poput električne, digitalne, upravljačke, toplinske i hidraulične.

BATTERY CELL, MODULE OR PACK. WHAT'S THE DIFFERENCE?

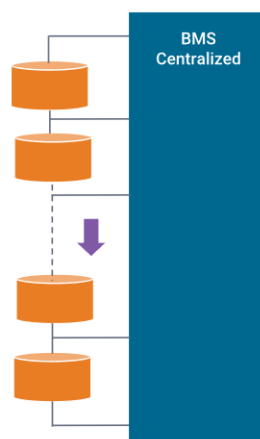


Slika 18. Baterijska ćelija, modul i paket

5.1. Vrste BMS-a

1. Centralizirana arhitektura BMS-a (Centralized BMS Architecture):

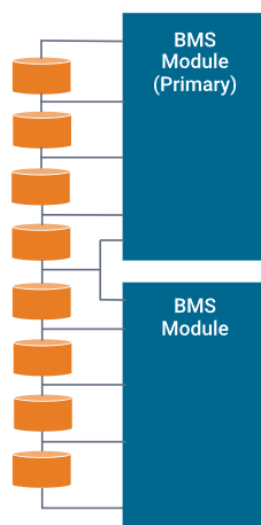
Ova arhitektura ima jedan središnji BMS u sklopu baterije, a svi paketi baterija povezani su izravno na njega. Centralizirani BMS ima neke prednosti: kompaktniji je i teži biti najekonomičniji. Međutim, postoje i nedostaci. Budući da su sve baterije izravno spojene na BMS, BMS treba mnogo priključaka za povezivanje sa svim paketima baterija. To zahtjeva puno žica, kablova i konektora u velikim paketima baterija, što komplicira i rješavanje problema i održavanje.



Slika 19. Struktura centraliziranog BMS-a [10]

2. Modularna topologija BMS-a (Modular BMS Topology):

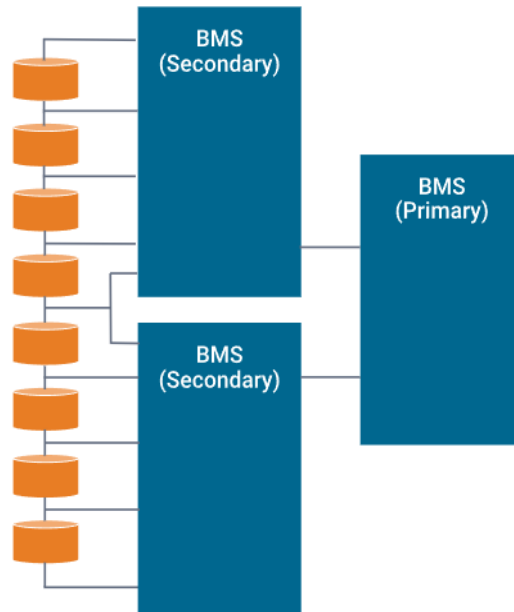
Ovdje je BMS podijeljen u nekoliko dupliciranih modula, svaki s namjenskim snopom žica i vezama na susjedni dodijeljeni dio baterije. U nekim slučajevima, ovi podmoduli BMS-a mogu biti pod nadzorom primarnog BMS modula čija je funkcija praćenje statusa podmodula i komunikacija s perifernom opremom. Zahvaljujući dupliciranoj modularnosti, rješavanje problema i održavanje je lakše, a proširenje na veće pakete baterija je jednostavno. Loša strana je što su troškovi malo viši, a ovisno o načinu upotrebe može postojati duplicirana neiskorištena funkcionalnost.



Slika 20. Modularna topologija BMS-a [10]

3. Primarni/sekundarni BMS (Primary/Subordinate BMS):

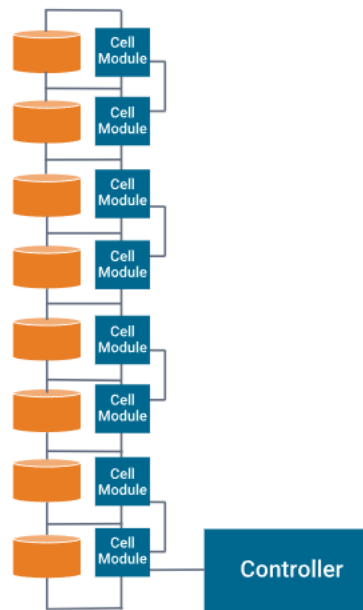
Ovakva struktura BMS-a slična je modularnoj topologiji, međutim, u ovom slučaju, sekundarni su ograničeni samo na prijenos mjernih informacija, a primarni je posvećen računanju i kontroli, kao i vanjskoj komunikaciji. Dakle, iako kao kod centraliziranih tipova, troškovi mogu biti niži jer je funkcionalnost podređenih uređaja obično jednostavnija.



Slika 21. Primarni/sekundarni BMS [10]

4. Distribuirana struktura BMS-a (Distributed BMS Architecture):

Distribuirani BMS uključuje sav elektronički hardver na kontrolnoj ploči postavljenoj izravno na ćeliju ili modul koji se nadzire. To olakšava glavninu kabliranja na nekoliko žica senzora i komunikacijskih žica između susjednih BMS modula. Posljedično, svaki BMS je više samostalan i upravlja računanjima i komunikacijama prema potrebi. Međutim, unatoč jednostavnosti, ovaj integrirani oblik čini rješavanje problema i održavanje potencijalno problematičnim, jer se nalazi duboko unutar sklopa modula štita. Troškovi su također veći jer postoji više BMS-ova u cjelokupnoj strukturi.



Slika 22. Distribuirana struktura BMS-a [10]

5.2. Važnost sustava upravljanja baterijom

Sigurnost tijekom rada baterije je od najveće važnosti za BMS. Tijekom operacije punjenja i pražnjenja ključno je spriječiti da napon, struja i temperatura bilo koje ćelije ili modula pod nadzornom kontrolom prekorače definirana ograničenja. Ako se ograničenja prekorače dulje vrijeme, ne samo da je ugrožena potencijalno skupa baterija, već bi moglo doći i do drugih opasnih komplikacija. Štoviše, granice nižeg naponskog praga također se rigorozno nadziru radi zaštite litij-ionskih ćelija i funkcionalne sigurnosti. Ako litij-ionska baterija ostane u ovom niskonaponskom stanju, to može rezultirati samopražnjenjem i izazvati sigurnosne probleme. Visoka gustoća energije litij-ionskih sustava ima cijenu koja ostavlja malo prostora za pogreške u upravljanju baterijom. Zahvaljujući BMS-ovima, nadzor baterija postaje uspješan i siguran.

Učinkovitost baterije je jedna od najvažnijih značajka nadzora BMS-a, a to uključuje električno i toplinsko upravljanje. Kako bi se električki optimizirao ukupni kapacitet baterije, sve ćelije u paketu moraju biti uravnotežene. Ovo je iznimno važno jer ne samo da se može ostvariti optimalan kapacitet baterije, već pomaže u sprječavanju opće degradacije i smanjuje potencijalno pregrijavanje od prekomjernog punjenja

slabih ćelija. Litij-ionske baterije trebale bi izbjegavati pražnjenje ispod niskih granica napona jer to može rezultirati značajnim gubitkom kapaciteta. Elektrokemijski procesi vrlo su osjetljivi na temperaturu, a baterije nisu iznimka. Kada temperatura okoliša padne, kapacitet i raspoloživa energija baterije značajno opadaju. Osim toga, budući da je punjenje hladnih litij-ionskih ćelija štetno za radni vijek baterije, važno je najprije dovoljno povisiti temperaturu baterije. Većina litij-ionskih ćelija ne može se brzo puniti kada su ispod 5°C i uopće se ne smiju puniti kada su ispod 0°C. Za optimalnu izvedbu, BMS termalno upravljanje često osigurava da baterija radi unutar uskog područja rada (npr. 30 – 35°C), što štiti performanse i osigurava dulji vijek trajanja.

5.3. Prednosti sustava upravljanja baterijom (BMS)

Cijeli sustav za pohranu energije baterije, može se sastojati od desetaka, stotina ili čak tisuća litij-ionskih ćelija strateški upakiranih zajedno, ovisno o primjeni. Ovi sustavi mogu imati nazivni napon manji od 100 V, ali mogu biti i do 800 V, sa strujama napajanja paketa u rasponu od 300 A ili više. Bilo kakvo loše upravljanje visokonaponskim paketom moglo bi izazvati po život opasnu situaciju. Sukladno tome, BMS-ovi su apsolutno ključni za osiguranje sigurnog rada. Prednosti BMS-a su:

- **Funkcionalna sigurnost**

Za velike formate litij-ionskih baterija, funkcionalna je sigurnost posebno važna. Ali čak i kod manjih formata (koji se koriste na primjer prijenosnim računalima), poznato je da se zapale i uzrokuju ogromnu štetu. Osobna sigurnost korisnika proizvoda koji uključuju sustave s litij-ionskim napajanjem ostavlja malo prostora za pogreške u upravljanju baterijom.

- **Životni vijek i pouzdanost**

BMS-ov nadzor osigurava da su ćelije zaštićene od agresivnog korištenja i ciklusa brzog punjenja i pražnjenja, a neizbježno rezultira stabilnim sustavom koji će potencijalno pružiti mnogo godina pouzdane usluge.

- **Izvedba**

BMS upravljanje kapacitetom paketa baterija omogućuje postizanje optimalnog kapaciteta baterije. Bez ove BMS značajke koja uzima u obzir varijacije u

samopražnjenju, ciklusima punjenja/pražnjenja, temperaturnim učincima i općem starenju, baterija bi na kraju mogla postati beskorisna.

- **Dijagnostika i prikupljanje podataka**

Zadaci nadzora uključuju kontinuirano praćenje svih baterijskih ćelija, gdje se bilježenje podataka može koristiti za dijagnostiku. Ove se informacije koriste za algoritme za balansiranje, ali se zajedno mogu prenijeti na vanjske uređaje i zaslone kako bi se procijenio očekivani domet ili životni vijek na temelju trenutne upotrebe i prikazalo stanje ispravnosti baterije.

- **Smanjenje troškova i jamstvo**

Uvođenje BMS-a u sustave za pohranu energije baterija povećava troškove, a baterije su skupe i potencijalno opasne. Što je sustav kompliciraniji, to su viši sigurnosni zahtjevi, što rezultira potrebom za većom prisutnošću nadzora BMS-a. Ali zaštita i preventivno održavanje BMS-a u pogledu funkcionalne sigurnosti, životnog vijeka i pouzdanosti, performansi, dijagnostike itd. jamči da će smanjiti ukupne troškove, uključujući i one povezane s jamstvom. [10]

6. SENZORI PRI PROIZVODNJI BATERIJSKIH SUSTAVA

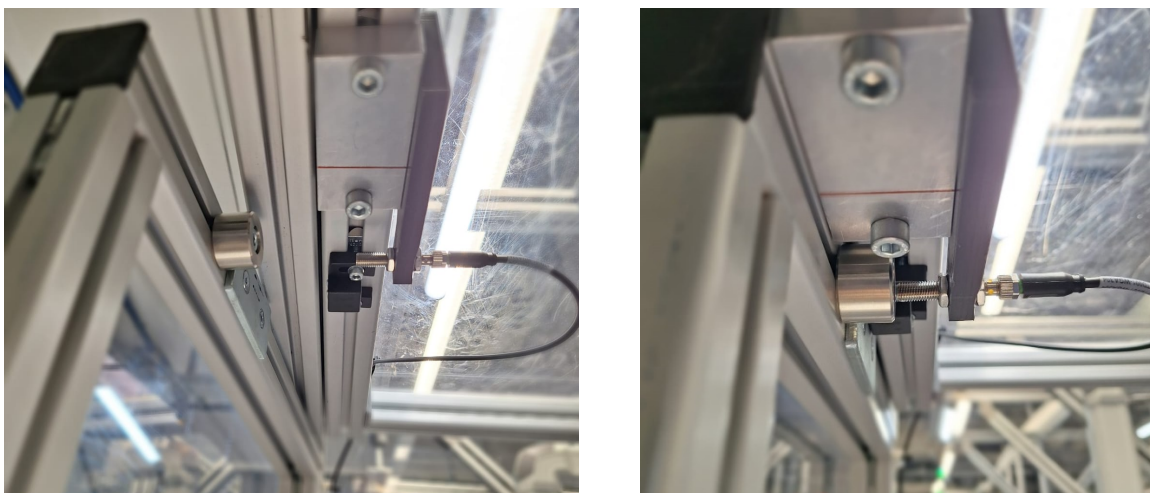
6.1. Detekcija elemenata baterijskih sustava (prisustvo i pozicioniranje)

Uspješno vođenje proizvodnog procesa ne bi bilo moguće bez senzora. Senzori služe za dobivanje informacija, potvrđuju prisustvo ili odsustvo dijelova proizvoda, daju informacije o trenutnom stanju na liniji (mjerenje temperature, pritiska, protoka itd). Kontinuiranim praćenjem temperature, tlaka, vibracije, iskorištenje snage, proizvodnja može reducirati neželjene troškove koji se pojavljuju uslijed grešaka i kvarova strojeva. [14] Sve informacije prikupljene od senzora pretvaraju se u električne signale koji se šalju unutar PLC sustava koji predstavlja „mozak cijele operacije“.

6.1.1. Sigurnosno rješenje (magnetski senzori)

Prilikom procesa proizvodnje bilo kojeg dijela baterijskog sustava potrebno je zadovoljiti sigurnosne zahtjeve čime bi se omogućili neometan rad i zaštita prilikom izvođenja operacija na stanici. U tu svrhu potrebno je imati zaštitne pregrade, te vrata koja će fizički odvojiti i onemogućiti potencijalni, neželjeni kontakt između operatera i stroja.

Da bi se osiguralo da su vrata zaista zatvorena, koriste se magnetski senzori. Pomoću njih dobivamo informaciju u vidu signala „1“ za zatvorena poziciju i „0“ za otvorenu poziciju.



Slika 23. Otvorena vrata i kontakt vrata i magnetskog senzora

Ovaj tip senzora je „normaly open“ tip senzora, što znači da se prilikom zatvaranja vrata aktivira i povratno šalje signal. Na vratima se paralelno ugrađuje sigurnosna bravica da bi se onemogućilo otvaranje. Stanica se može pokrenuti tek nakon aktivacije oba senzora.



Slika 24. Sigurnosna bravica

6.1.2. Detekcija ćelija (optički i induktivni senzori)

. Ćelije se dopremaju na liniju unutar plastičnih kašeta unutar kojih su poredane na način prilagođen robotskoj manipulaciji.



Slika 25. Kašeta sa ćelijama

Kašete se stavljaju na kliznu ladicu čija je pozicija kontrolirana magnetskim senzorima. Pri krajnjoj poziciji ladice dolazi do poklapanja aktuatorskog i senzorskog

dijela magnetskog senzora. Preklapanjem oba dijela pali se signalna lampica te se šalje signal unutar PLC-a. Inicijalni signal pokreće robota koji počinje automatizirani proces selekcije dostavljenih ćelija.



Slika 26. Detekcija pomoću magnetskih senzora

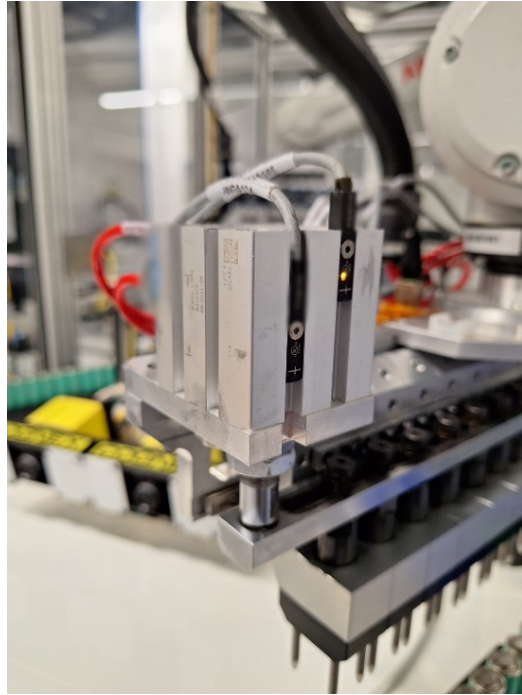
Nakon dobivenog signala, pneumatski cilindri manipulacijskog robota pomjeraju se u poziciju spremnu za prihvatanje. Hvataljka funkcionira po principu magneta, gdje se prilaskom ćelijama na paleti, djelovanjem magnetske privlačne sile, ćelije prihvaćaju i pričvršćuju na željenim pozicijama. Željeno navođenje svake ćelije ostvaruje se pomoću pinova koji omogućuju da ne dolazi do pomjeranja ćelija. Konstrukcija

hvataljke je takva da se svaki cilindar nalazi unutar aluminijskog profila sa čije vanjske strane su ugrađena dva induktivna senzora (Slika 28).



Slika 27. Prikaz hvataljke manipulacijskog robota

Njihova uloga je da detektiraju početni i krajnji položaj cilindra. Pomicanje cilindra u ravninu sa senzorom aktivira signal koji potvrđuje da je cilindar u željenoj poziciji te da robot može nastaviti sa narednim koracima. U suprotnom ne dobivamo povratni signal, PLC sekvenca se zaustavlja, robot staje, te se pokreće alarm.



Slika 28. Signalna lampica induktivnog senzora

Da bi proces bio uspješan potrebno je razdvojiti zadovoljavajuće „OK“ ćelije od onih koje ne zadovoljavaju kriterije („NOK“). Ćelije sa greškom se pomoću robotske ruke izdvajaju na zaseban spremnik kako bi se izdvojile iz proizvodnje te prošle dodatnu kontrolu i eventualnu reparaciju. Ćelije koje prođu test koriste se u proizvodnji te se robotskom rukom prenose dalje na paletu. Ćelije se detektiraju pomoću optičkog senzora koji ispućavanjem zrake detektira je li prisutan red ćelija.



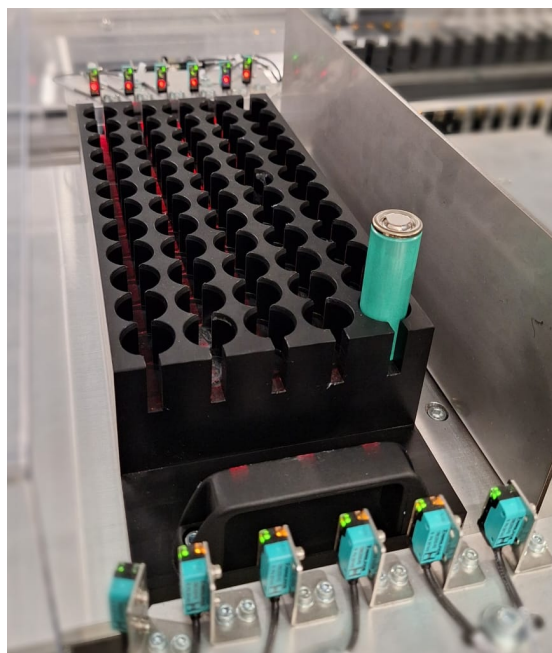
Slika 29. Optički senzor

Prazan spremnik prikazan je na slici ispod:



Slika 30. Spremnik defektnih ćelija

Kako je spremnik prazan, PLC ne šalje obavijest o pražnjenju NOK spremnika. Popunjavanjem ćelija na prazne pozicije prekida se kontinuitet infracrvene zrake koja ne dopijeva do prijemnika smještenog na drugoj strani spremnika. Uslijed prekidanja zrake, unutar PLC sustava dobiva se signal o popunjenosti prvog reda spremnika te se popunjavanje nastavlja prema ostatku praznih redova.



Slika 31. Prikaz defektne ćelije unutar spremnika

Kada se povratno dobije 5 signala, to je znak da su svi redovi popunjeni, te se šalje upozorenje da je potrebno isprazniti spremnik s defektnim ćelijama. U međuvremenu, paleta popunjena provjerenim i ispravnim ćelijama putuje ka stanici za zavarivanje, gdje se sve ćelije povezuju u jedan jedinstven modul.

6.1.3. Detekcija palete (RFID)

Sklapanje baterijskih komponenti vrši se u više etapa te komponente pomoću pokretnih traka putuju od stanice do stanice. Paleta se na svakoj stanici zaustavlja pomoću stopera na čijim pozicijama je ugrađeni induktivni senzor. Kada paleta dođe na odgovarajuću poziciju, induktivni senzor detektira metalni dio na paleti te šalje signal natrag na PLC. Time obavještava da je paleta stigla na stanicu.

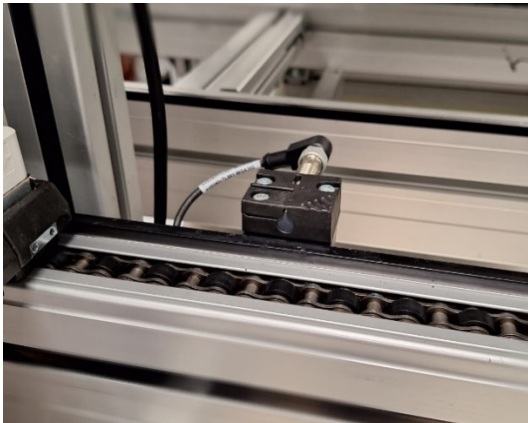
Druga vrsta uređaja koji potpomažu proces proizvodnje su RFID čitači. RFID je akronim engleskih riječi „Radio frequency identification“. Predstavlja alternativnu tehnologiju sa mogućnošću zamjene ustaljenih univerzalnih barkodova za proizvode (UPC). RFID omogućava identifikaciju objekta sa udaljenosti bez potrebe prisutnosti operatera. Ovi uređaji također posjeduju dodatne informacije kao što su detalji o proizvodu, proizvođaču i mogu prenositi izmjerene okolišne faktore kao što su temperatura i vlažnost. [12]

RFID čitač na paleti posjeduje jedinstveni kod stanice na kojoj se mora zaustaviti. Ukoliko ne dođe do poklapanja, paleta će jednostavno preskočiti stanicu i nastaviti svoj put na pokretnoj traci.

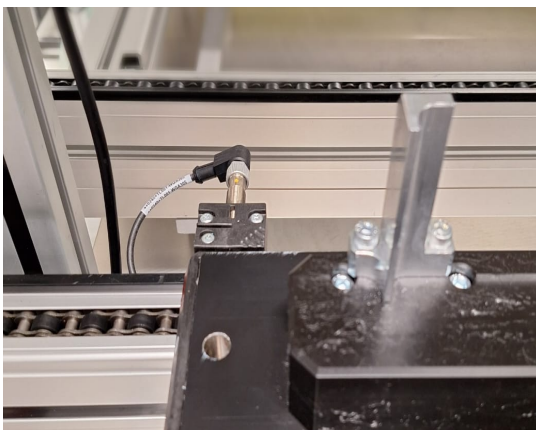
RFID oznaka, također poznata kao transponder, mali je uređaj koji se može pričvrstiti na objekt kako bi se mogao identificirati i pratiti. Oznaka se sastoji od mikročipa, antene i supstrata ili materijala za kapsuliranje. Mikročip pohranjuje podatke dok antena odašilje i prima podatke. [12] Transponder se pomoću vijka fizički pričvrsti za paletu dok se čitač s druge strane postavlja na mjesto mehaničkog stopera. Kada se paleta zaustavi, dobiva se povratni signal indukcijskog senzora i očitani RFID kod, te se paleta ili zaustavi ili nastavi svoj put.

RFID sustav se sastoji od oznake i čitača. Čitač generira i odašilje upitni signal oznaci. Aktivna oznaka napaja svoj mikročip iz baterije i prenosi signal do čitača. Pasivnu oznaku također pokreće čitač magnetskom indukcijom ili elektromagnetskim hvatanjem valova. Obje metode mogu prenijeti dovoljno snage na pasivnu oznaku za

održavanje njenog rada. RFID sustavi temeljeni na frekvencijama između 100 kHz i 30 MHz rade pomoću magnetske indukcije. Nasuprot tome, RFID sustavi temeljeni na mikrovalne frekvencije (2,45 i 5,8 GHz) rade pomoću hvatanja elektromagnetskih valova (Finkenzeller 2003).[13]



Slika 32. Senzor prisustva (paleta nije prisutna) i RFID



Slika 33. Senzor prisustva (paleta je prisutna), RFID identificira paletu

7. ZAKLJUČAK

U zaključku ovog završnog rada može se istaknuti važnost senzora i sustava upravljanja baterijama u proizvodnji baterijskih sustava za električne automobile. Senzori igraju ključnu ulogu u praćenju i optimizaciji različitih parametara tijekom proizvodnje baterija, osiguravajući točnost, sigurnost i pouzdanost baterijskih sustava. Njihova primjena, značajno doprinosi razvoju industrijskih rješenja i poboljšanju proizvodnih procesa. Također, sustav upravljanja baterijama (BMS) osigurava nadzor i efikasnost baterija, produžujući njihov vijek trajanja i smanjujući mogućnost kvarova. Razvoj novih tehnologija i sustava, uz upotrebu senzora, omogućuje stvaranje naprednih i pouzdanih baterijskih sustava, što je od velikog značaja za industriju električnih automobila.

LITERATURA

[1] Martić, Helena. Vrste i primjene senzora u pametnim okruženjima. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2021.

<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:146350>

Pristupljeno 28.6.2024.

[2] <https://eelectronics.medium.com/the-evolution-of-sensor-technology-from-analog-to-digital-3857b6f37629>

Pristupljeno 28.6.2024.

[3] Antunović D.: Smart senzori za primjenu u IIoT/Industriji 4.0/Digitalizaciji. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija;2021. Dostupno:

<https://repositorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1856/datastream/PDF/view>

Pristupljeno 13.7.2024.

[4] <https://www.iqsdirectory.com/articles/thermocouple/temperature-sensors.html>

Pristupljeno 20.7.2024.

[5] „Sensors - A Complete Guide (Types, Applications, and Suppliers)“ Dostupno:

<https://www.thomasnet.com/articles/instruments-controls/sensors/>

Pristupljeno 20.7.2024.

[6] Kapacitivni senzori, dostupno na: <https://www.realpars.com/blog/capacitive-sensor>

Pristupljeno 22.7.2024.

[7] Senzori, dostupno na: <https://www.realpars.com/blog/level-sensor>

Pristupljeno 22.7.2024.

[8] Prčić, Ivan. "BATERIJE U ELEKTRIČNIM STROJEVIMA." Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, 2019. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:177375>

Pristupljeno 25.7.2024.

[9] Battery Manufacturing, dostupno na: <https://cicenergigune.com/en/blog/how-batteries-are-made-in-gigafactory>

Pristupljeno 1.8.2024.

[10] Battery management systems, dostupno na:

<https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html#b>

Pristupljeno 1.8.2024.

[11] Vladimir Tudić (Skripta) Uvod u predmete senzori i mikrokontroleri Veleučilište u Karlovcu

Pristupljeno 9.8.2024.

[12] Overview of RFID Technology and Its Applications in the Food Industry KUMAR, H.W. REINITZ, J. SIMUNOVIC, K.P. SANDEEP, AND P.D. FRANZON, dostupno na:

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1750-3841.2009.01323.x>

Pristupljeno 10.8.2024.

[13] Finkenzeller K. 2003. RFID Handbook. West Sussex, England: John Wiley & Sons. 427 p.

[14] Industrial Sensors and Controls in Communication Networks, From Wired Technologies to Cloud Computing and the Internet of Things, Dong – Seong Kim, Hoa Tran – Dang

[15] Induktivni senzori, dostupno na: <https://www.realpars.com/blog/inductive-sensor>
Pristupljeno 20.7.2024.

[16] Magnetski senzori, dostupno na:
<https://www.smlease.com/entries/automation/magnetic-sensor-types-working-and-its-application/>
Pristupljeno 18.7.2024