

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga
Brezžično polnjenje
(Wireless Charging)

Ime in priimek: Timotej Kos

Študijski program: Računalništvo in informatika

Mentor: izr. prof. dr. Peter Korošec

Koper, avgust 2015

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Timotej KOS

Naslov zaključne naloge: Brezžično polnjenje

Kraj: Koper

Leto: 2015

Število listov: 58

Število slik: 12

Število tabel: 1

Število referenc: 45

Mentor:izr. prof. dr. Peter Korošec

Ključne besede: Brezžično, polnjenje, indukcija, pametne, naprave, Qi

Izvleček:

Zaključna naloga predstavlja tehnologijo Brezžičnega polnjenja (ang. Wireless Charging), ki postaja vse popularnejša v današnjem svetu pametnih naprav. Naloga se osredotoča na opis celotne slike polnjenja pametnih naprav s poudarkom na brezžični tehnologiji. Začetno poglavje je namenjeno zgodovini razvoja in polnjenja baterij, nato pa sledi opis in razlaga delovanja žičnega polnjenja. Glavno poglavje je poglavje o brezžičnem polnjenju v katerem so opisani glavni trije standardi, ki so trenutno na trgu in delovanje brezžičnega polnjenja. Na koncu so predstavljeni še praktični primeri uporabe brezžičnega polnjenja. S to nalogo želim približati to tehnologijo ljudem, ki še ne poznajo brezžičnega polnjenja in razložiti delovanje tistim, ki jih takšna tehnologija zanima bolj podrobno.

Key words documentation

Name and SURNAME: Timotej KOS

Title of final project paper: Wireless Charging

Place: Koper

Year: 2015

Number of pages: 58 Number of figures: 12 Number of tables: 1

Number of references: 45

Mentor: Assoc. Prof. Peter Korošec, PhD

Keywords: Wireless, charging, induction, smart, devices, Qi,

Abstract:

The final thesis will present Wireless Charging technology, which is becoming more popular in present world of smart devices. Thesis is focused on describing the whole process of charging smart devices, with emphasis on wireless technology. At the beginning, history of battery development and charging is presented, followed by description of wired charging and its operation. Main chapter talks about wireless charging and all three main standards available in present are described. Thesis is wrapped up with practical examples of wireless charging technology in use. With this thesis I want to acquaint people that do not know anything about it yet and also describe the details of technology to those who want to know more about it.

Zahvala

Zahvalil bi se mentorju izr. prof. dr. Petru Korošču za vso pomoč pri izdelavi, odlično komunikacijo, ki je bila zaradi razdalje še toliko težja, ter praktične nasvete za izboljšanje naloge. Zahvala gre tudi celotni moji družini ter dekletu, brez pomoči katerih bi bil marsikateri trenutek tega študija težji kot je bil, ter vso finančno pomoč s katero so mi omogočili študij na željeni fakulteti. Hvala tudi osebju UP FAMNIT, vsem ki so dodali svoj kamen v mozaik mojega znanja in me naučili računalniškega jezika.

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
2	ZGODOVINA POLNJENJA	3
2.1	Ozadje	3
2.2	Izum baterije	3
2.2.1	Mokra in suha celica	4
2.3	Pametne baterije	5
2.3.1	Nikelj-kadmijeve baterije	5
2.3.2	Nikelj-metalhidridne baterije	5
2.3.3	Litij-ionske baterije	6
3	ŽIČNO POLNENJE	7
3.1	PAMETNA BATERIJA	7
3.1.1	Predstavitev	7
3.1.2	Model pametne baterije	7
3.1.3	Programski del	9
3.1.4	Zaznavanje napak in sporočanje	11
3.2	Polnjenje prenosnikov	12
3.2.1	AC adapter	12
3.2.2	DC adapter	12
3.2.3	Univerzalni adapter	13
3.2.4	USB adapter	13
3.3	Tipi baterij v mobilnih telefonih in prenosnikih	15
3.3.1	Ni-Cd	15
3.3.2	NiMH	15
3.3.3	Li-ion	15
3.3.4	Li-polimer	16
3.4	Polnjenje v različnih državah	16
3.5	Polnjenje mobilnih telefonov pred USB	19
3.6	Polnjenje mobilnih telefonov prek USB kabla/vmesnika	19
3.6.1	Prenosni polnilec	20

3.6.2	Hitrejše polnjenje prek USB	20
4	BREŽIČNO POLNENJE	22
4.1	Razvoj	22
4.2	Delovanje	23
4.3	Prednosti in slabosti	23
4.4	Standardi	24
4.4.1	Qi	24
4.4.2	PMA	26
4.4.3	Rezence	27
4.4.4	PMA in A4WP	28
4.4.5	Prednosti in slabosti A4WP, Qi ter PMA	28
4.5	Razlaga delovanja	30
4.5.1	Sistem v polnilcu	30
4.5.2	Sistem v napravi	30
4.5.3	Komunikacija	31
4.5.4	Delovanje standarda Rezence	35
5	PRIMERI UPORABE	37
5.1	Hoteli	37
5.2	Restavracije	37
5.3	Avtomobili	38
5.4	Pametni telefoni	38
5.5	Letališča	39
5.6	Javna mesta	39
5.7	Pisarne	39
5.8	Ikea	40
6	PRIHODNOST	41
7	ZAKLJUČEK	42
8	LITERATURA IN VIRI	44

Seznam tabel

Tabela 1 Primerjava vseh treh glavnih standardov brezžičnega polnjenja [22]. 25

Seznam slik

Slika 1	Grafični prikaz modela pametne baterije s prikazom treh glavnih komponent, systemskega gostitelja, pametne baterije, polnilca ter komunikacije med njimi [3].	9
Slika 2	Tipi USB za uporabo s pametnimi napravami in prikaz razporeditve konektorjev v posameznem tipu [8].	14
Slika 3	Grafični prikaz tipov vtičnic po svetu ter v opisu država, kjer se tip uporablja ter napetost [14].	17
Slika 4	Prikaz umestitve tuljave standarda Qi v polnilcu (levo) ter napravi (desno) [25], [26].	26
Slika 5	Powerkiss obročki za brezžično polnjenje z različnimi konektorji za povezavo s pametno napravo [32].	27
Slika 6	Grafični prikaz sistemov za brezžično polnjenje pri standardu Qi. Na levi strani so prikazani moduli ter tuljava v polnilcu; na desni strani pa moduli ter tuljava v pametni napravi. Med obema sistemoma teče energija ter komunikacija, ki sta ponazorjeni s puščicami [38].	31
Slika 7	Sestava in kodiranje sporočil v standardu Qi. Pod črko a je prikazano bi-fazno bitno kodiranje, pod črko b bajtno kodiranje in pod črko c sestava paketa [39].	32
Slika 8	Diagram komunikacije polnilca (levo) in naprave (desno) pred in med brezžičnim polnjenjem. Legenda pojmov: SM - signal moči, ID - identifikacija, N - nadzor, PE - prenos energije [38].	33
Slika 9	Grafični prikaz sistema za komunikacijo v sistemu za brezžično polnjenje v polnilcu (levo) in napravi (desno). V obeh sistemih so prikazani moduli za uravnavanje moči polnjenja in komunikacijo, tuljava, ki skrbi za prenos energije ter puščice na sredini, ki ponazarjajo smer toka podatkov in energije [38].	34
Slika 10	Prikaz različnih modelov tuljav v polnilcu je pod črko a tuljava, ki se prilagaja položaju naprave, pod črko b statična magnetna tuljava in pod črko c mreža tuljav [38].	34

Slika 11	Sistem standarda Rezence [40].	35
Slika 12	Topologija zvezda v omrežju sistema standarda Rezence. Na sredini je polnilec, ki je v tem primeru gospodar in okoli naprave, ki služijo kot sužnji. Komunikacija in prenos energije sta prikazani s pomočjo puščic [40].	36

Seznam kratic

<i>USB</i>	Univerzalno serijsko vodilo (ang. Universal serial bus)
<i>CMOS</i>	CMOS (ang. Complementary metal oxide semiconductor)
<i>Ni – Cd</i>	Nikelj-kadmij (ang. Nickel–cadmium)
<i>Ni – MH</i>	Nikelj-metalhidrid (ang. Nickel–metal hydride)
<i>Li – ion</i>	Litij-ion (ang. Lithium-ion)
<i>LiPo</i>	Litij-polimer (ang. Federal communications commission)
<i>AC</i>	Izmenični tok (ang. Alternating current)
<i>DC</i>	Enosmerni tok (ang. Direct current)
<i>SMBus</i>	Sistem za upravljanje vodila (ang. System management bus)
<i>I²C</i>	Integrirano vezje (ang. Inter-integrated circuit)
<i>HVAC</i>	Sistem prezračevanja, hlajenja in ogrevanja (ang. Heating, ventilation and air conditioning)
<i>CRM</i>	Upravljanje odnosov s strankami (ang. Customer relationship management)
<i>CE4A</i>	Elektronika za avtomobilsko industrijo (ang. Consumer electronics for automotive)
<i>AV</i>	Avdio vizualni sistem (ang. Audiovisual)
<i>A4WP</i>	Združenje za brezžično energijo (ang. Alliance for wireless power)
<i>PMA</i>	Združenje za energijsko rabo (ang. Power matters alliance)
<i>WPC</i>	Konzorcij za brezžično energijo (ang. Wireless power consortium)
<i>ASK</i>	Amplitudna modulacija (ang. Amplitude shift keying)
<i>RFID</i>	Radiofrekvenčna identifikacija (ang. Radio frequency identification)
<i>GPS</i>	Globalni sistem pozicioniranja (ang. Global Positioning System)

1 UVOD

Brezžičnost je tehnologija prihodnosti. Že skozi zgodovino so različni znanstveniki poskušali odpraviti žice v vsakdanji uporabi. Če se samo spomnimo začetkov računalništva ter ogromnih količin kablov, ki so jih zunanje naprave potrebovale za delovanje, od tiskalnika, tipkovnice, miške in drugih komponent. Vse poti so vodile v računalnik, ki je moral nekako sprejeti vse te naprave. Pomembna rešitev je bil predvsem standard USB, ki je poenostavil vhode za različne naprave. Korak naprej je bil standard Bluetooth, preko katerega se večina današnjih naprav poveže z računalnikom in deluje brezžično. Vendar pa imajo vse takšne naprave še vedno napajanje prek baterije. Kaj če miška, tipkovnica in celo tiskalnik ne bi potrebovali nikakršnega akumulatorja, pač pa bi se nenehno napajali prek brezžičnega polnjenja? Takšno vprašanje so si verjetno zastavili tudi tisti, ki so popeljali tehnologijo brezžičnega polnjenja do točke, kjer je danes. Uporaba se osredotoča predvsem na mobilne naprave, pametne telefone in tablice, ki so spremenili način naše komunikacije. Dandanes si pravzaprav ne moremo predstavljati življenja brez pametnega telefona. Vse pomembne stvari, naj bo to elektronska pošta ali pa video-klic z družino, lahko opravimo na napravi, ki je dovolj majhna, da jo pospravimo v žep. Največja težava pametnih naprav je čas delovanja oziroma baterija. Še vedno velika večina pametnih naprav zdrži komaj en dan aktivne uporabe. Velika večina ljudi zato varčuje z energijo ter ne uporablja naprave v polni zmožnosti. To seveda nima smisla, saj so pametne naprave izdelane za določeno uporabo in ne za varčevanje z energijo. Težavo predstavlja tudi polnjenje, ki je večinoma omejeno na domačo uporabo, predvsem zaradi različnih priključkov različnih naprav. Tako z enakim kablom ne moremo polniti telefona znamke Apple in Samsung. Brezžično polnjenje bo odpravilo ta problem, vendar so tudi pri tej tehnologiji v igri trije standardi, ki so med seboj nekompatibilni. Z združitvijo dveh od teh treh se kaže napredek v standardizaciji in mogoče lahko v prihodnosti pričakujemo univerzalne polnilce. S tem bi se znebili tako kablov kot tudi nekompatibilnosti posameznih naprav. Polnjenje bi lahko potekalo kjerkoli in kadarkoli, kar bi pomenilo daljšo uporabo pametnih naprav. V nalogi bo sprva opisana zgodovina in razvoj baterij ter polnjenja le-teh, nato se bo naloga osredotočila na žično in kasneje še brezžično polnjenje. Na koncu bodo predstavljeni tudi praktični primeri uporabe te tehnologije. Za izdelavo te naloge sem se odločil predvsem zato, ker je tehnologija trenutno dokaj nerazširjena, čeprav je priso-

tna že skoraj desetletje. Zastavil sem si vprašanja, kot na primer, zakaj se proizvajalci ne odločajo za to tehnologijo in kako ta tehnologija sploh deluje.

2 ZGODOVINA POLNJENJA

Baterije imajo bogato zgodovino in še bolj zanimivo prihodnost.

2.1 Ozadje

Baterije so na kratko sistemi za shranjevanje energije. Pri soočanju z modernimi tehnologijami baterija ponavadi pomeni sistem, ki proizvaja električno energijo - prenosni sistem za računalnike in mobilne telefone. V računalništvu igrajo baterije štiri pomembne vloge:

- vir energije za prenosne računalniške sisteme,
- upravljanje s CMOS pomnilnikom, ki ohranja informacije o konfiguraciji računalnika,
- zagotavljanje energije za rezervne sisteme in
- nemoteno delovanje za brezžične naprave, ki jih povežemo z računalnikom (npr. tipkovnica).

2.2 Izum baterije

Baterija je bila po navedbah nekaterih izumljena dvakrat. Arheologi so odkrili elektrokemično celico, ki bi v današnjih časih spadala pod pojem baterija. Najdba naj bi bila stara okoli 2500 let, odkrili so jo leta 1932 v Bagdadu (Irak). Celica baterije je bila sestavljena iz železnega droga, ki se je prilegal cilindru iz bakra in tako ustvaril električni naboj. Baterija je služila za elektroplatiranje (tj. nanos tankega sloja kovine za zaščito poljubnega predmeta s pomočjo električnega toka) dragih kovin s pomočjo katerih so spremenili bakrene predmete v zlate ali srebrne. Druga različica črpa motivacijo v povsem drugih okoliščinah in se osredotoča na radovednost in anatomijo. Glavni krivec je bil italijanski anatomist in fizik Luigi Galvani (1737-1798). Ta je s poskusi na žabah odkril, da se mišice na žabjih krakih krčijo ob stiku z električnim signalom iz Leyden-ovega kozarca (tj. naprava, ki shrani statično električno energijo med dvema elektrodama, ki sta nameščeni znotraj in zunaj steklenega kozarca, danes

kondenzator.). Opazil je tudi, da žabji kraki reagirajo, če med dve točki postavi dve različni kovini. Iz tega je sklepal, da mišice proizvajajo energijo. Še pomembnejši člen v zgodovini baterij je italijanski fizik Alessandro Volta (1745-1827). Podobno kot njegov predhodnik Galvani je tudi Volta pričel svojo pot z opazovanjem žab. Za razliko od Galvanija je Volta sklepal, da proizvodnja energije v mišicah povzroča kontakt med dvema različnima kovinama, kar pripelje do krčenja mišic v krakih. Da bi dokazal svojo trditev, je Volta napolnil dve posodi s solno raztopino in ju povezal s kovinskim lokom različnih kovin. Na enem koncu je bil cink na drugem pa baker. Naprava je bila prva moderna baterija, proizvajala pa je energijo s pomočjo kemijskih reakcij v posodah. Do leta 1800 je Volta posodobil svoje odkritje in ustvaril enostavnejšo rešitev sestavljeno iz več kovinskih plošč, ki jih je postavil eno na drugo, vmes pa vstavil usnjene plošče namočene v solno raztopino. Kovinske plošče so bile iz cinka in bakra, postavljene so bile izmenično. Po Volti se danes imenuje tudi enota električnega potenciala in električne napetosti, volt. Sledili so še drugi poskusi ustvarjanja električne energije, vendar nobena od teh rešitev ni v uporabi dandanes. Zasluge za prvi trajnejši izum ima Gaston Plante, ki je v Franciji razvil svinčevo-kislinski akumulator (ang. lead-acid) leta 1859. Njegov izum je prva uspešna baterija, ki lahko hrani energijo in se lahko ponovno napolni. Takšna tehnologija je v uporabi še danes, posebno v avtomobilski industriji in v brezprekinitveno elektroenergetskih sistemih.

2.2.1 Mokra in suha celica

Naslednji mejnik je bila iznajdba tako imenovane mokre celice. Izumil jo je francoski inženir Georges Leclanche leta 1866. Uporabil je katodo manganovega dioksida zmešanega z ogljikom in cinkovo anodo v obliki droga. Za elektrolit je uporabil raztopino amonijevega klorida v katerega je potopil elektrode. Njegova metoda je uporabljena še danes v obliki suhih celic cinka in ogljika v najcenejših svetilkah. V prvotni mokri obliki njegova tehnika ni ne prenosna in ne praktična, zato ni v uporabi. Kasneje je več izumiteljev poskušalo izsušiti takšno metodo in zajeziti tekoče dele aplikacije. Šele moderna plastika je spremenila uporabo takšne metode. Polaroid je ustvaril baterijo PolaPulse, ki z baterijo v filmskem ovoju znotraj plastičnega ohišja omogoča uporabo takšne metode. Seveda napredek v razvoju tehnologije ni čakal na razvoj moderne plastike. Znanstveniki so poskušali popolnoma odpraviti tekoče dele aplikacije in uspeli. Zaslugo za prvo suho celico in odkritje, ki je zaslužno za obstoj današnjih baterij, lahko pripišemo Carlu Gassnerju iz Mainza, ki jo je patentiral leta 1887. Čeprav so današnje baterije po stoletju razvoja drugačne, še vedno uporabljajo enako zamisel, kot jo je uporabil Gassner. Večina današnjih baterijskih sistemov je razvita v laboratorijih večjih korporacij in univerz. Novih spojin niso odkrili s pomočjo eksperimentov

ker so predhodniki odlično načrtali temelje razvoja baterij. Osredotočili so se raje na oblikovanje optimalnih spojin v praktičnih baterijskih celicah [1].

2.3 Pametne baterije

2.3.1 Nikelj-kadmijeve baterije

Prva nikelj-kadmijeva (Ni-Cd) baterija je bila izumljena pred več kot 100 leti, švedski znanstvenik Waldemar Jungner je leta 1899 uradno razvil to vrsto baterije. Komercializacija je prišla šele v začetku 70ih let v ZDA in na Japonsko, ko so predvsem japonska podjetja pričela z masovno proizvodnjo v letih 1963 in 1964. Ta vrsta baterije uporablja kadmij (Cd) kot aktivno spojino za negativno elektrodo in nikelj oksihidroksid (NiOOH) kot aktivno spojino za pozitivno elektrodo, za elektrolit pa se uporablja alkalna raztopina. Zagotavlja približno enako napetost kot suha baterija. Baterije za industrijsko rabo so odprtega tipa, medtem ko so baterije za širšo javnost zatesnjene zaradi morebitnega puščanja. Za uporabo takšnega tipa baterije je bilo najprej potrebno najti način, kako preprečiti eksplozijo baterije zaradi povišanega notranjega pritiska, ki ga povzročajo vodikovi in kisikovi plini, ki nastajajo pri praznjenju baterije, kisik na pozitivni in vodik na negativni elektrodi. V poznih 50ih letih je Francoz Neumann predlagal idejo, ki je povzročila tehnološko izboljšavo takšne baterije. Z ustvarjanjem večje negativne elektrode, s čimer je zmanjšal količino vodikovega plina, in z izboljšano absorpcijo kisikovega plina je zagotovil komercializacijo zatesnjene baterije s takšno tehnologijo. Nikelj-kadmijeva baterija je stabilna, kar pomeni, da njeno delovanje ne upade niti ko je preveč izpraznjena ali ko je izpraznjena za daljši čas. Ima tudi odlične značilnosti praznjenja pri visoki obremenitvi, zato je dandanes uporabljena predvsem v električnih orodjih, brivnikih ter zasilnih razsvetljavah.

2.3.2 Nikelj-metalhidridne baterije

V devetdesetih letih prejšnjega stoletja je število elektronskih naprav, kot na primer telefonov, prenosnikov, kamer, drastično naraslo. Eden od faktorjev za takšen vzpon je bila tudi masovna proizvodnja nikelj-metal-hidridne baterije. Ta baterija je nadomestila negativne elektrode iz predhodnika (Ni-Cd) z elektrodo iz vodikovo absorbirajočih zlitin pri čemer je bila napetost približno enaka. Z uporabo tega visokotehnološkega materiala se je gostota baterije drastično povečala. V letu 1980 je korporacija Toshiba vodila razvoj tehnologije za negativne elektrode in posledično najavila svoj uspeh leta 1984. Toshiba je napovedala tudi razvoj nove zlitine s popolnoma drugačno strukturo v letu 2000. Sto let po odkritju nikelj-kadmijeve baterije s strani Waldemarja Jungnerja, se pojavi nova baterija, ki jo je moč ponovno napolniti. Zatesnitev te baterije

je temeljila na istem konceptu kot nikelj-kadmijeve baterije. Baterije s to tehnologijo so bile nato konstantno v razvoju, ki poteka še danes. Ker nikelj-metalhidridne baterije ne uporabljajo kadmija, ki je okolju nevarna snov, so ekološko varne in nadomeščajo nikelj-kadmijeve baterije v manjših elektronskih napravah, uporabljajo se tudi v električnih vozilih. Glede na vse večjo okoljevarstveno zavest po svetu je pričakovan porast povpraševanja po teh baterijah.

2.3.3 Litij-ionske baterije

Litij-ionska baterija se je pojavila kot odgovor na višje zahteve po gostoti energije v elektronskih napravah, saj so le-te s tehnološkim razvojem in povečano zmogljivostjo prerasle nikelj-metalhidridne baterije. Leta 1991 je Sony kot prvi pričel z masovno proizvodnjo takšnih baterij, dandanes jih proizvaja vse več podjetij. Baterije s to tehnologijo uporabljajo nabor pozitivnih in negativnih elektrod, ki lahko sprejemajo in oddajajo litijeve ione brez raztapljanja samega litija. Baterija ima dobre lastnosti polnjenja in praznjenja, to je več kot 500 ciklov. Natančneje je pozitivna elektroda narejena iz litijevega kobalt oksida (LiCoO_2), medtem ko je negativna elektroda karbonska (C). V zadnjem času je pozitivna elektroda sestavljena iz materiala, ki vsebuje zmes niklja in mangana, negativna elektroda pa iz zmesi, ki vsebuje kositer. Vse to pripomore k še večji učinkovitosti baterije. Če primerjamo to baterijo s predhodno tehnologijo nikelj-kadmijevih in nikelj-metalhidridnih baterij opazimo, da je veliko lažja, nima spominskega učinka in ima zelo nizko stopnjo samopraznjenja. Zaradi teh lastnosti je hitro postala baterija, ki se uporablja v prenosnih napravah, ki zahtevajo lahke in zmogljive materiale. V desetletju, odkar se je takšna tehnologija pojavila na trgu, se je s pomočjo izboljšav električna gostota skoraj podvojila. S pomočjo aluminijevega ovoja in napredka v laminatnih tehnologijah, kot v litij-polimernih baterijah, pa je baterija postala še lažja in tanjša [2].

3 ŽIČNO POLNENJE

3.1 PAMETNA BATERIJA

3.1.1 Predstavitev

Pametna baterija predstavlja idealno rešitev za upravljanje z energijo v sodobnih prenosnih elektronskih napravah, kot naprimer prenosnih računalnikov in mobilnih telefonih. Baterije imajo veliko število omejitev tako iz uporabniškega kot tudi tehnološkega vidika. Prva težava pri baterijah je ta, da predstavljajo nepredvidljiv vir energije. Uporabnik ne more predvideti, kdaj se bo baterija izpraznila oziroma koliko časa bo naprava še delovala. Druga težava nastopi ko priključimo še dodatne naprave. Naprava, ki jo napaja baterija, ne more predvideti ali je zmožna poganjati tudi priključeno napravo. Tretja težava pa je povezana s polnilcem. Le-ta mora biti prilagojen bateriji v napravi, saj lahko uporaba polnilca z nekompatibilno baterijo povzroči nedelovanje ali celo uničenje baterije.

3.1.2 Model pametne baterije

Eden od možnih modelov pametne baterije je sistem, ki je sestavljen iz baterije, polnilca in gostitelja (tj. naprave). Da bi razumeli delovanje sistema je potrebno razumeti delovanje posameznih komponent in interakcij med njimi. Pametna baterija je sestavljena iz več celic, ki zagotavljajo energijo. Elektronika znotraj sistema nadzoruje določene parametre, ki so potrebni za izračun zahtevanih vrednosti podatkov. Če se baterije ne da odstraniti mora biti ta elektronika znotraj pametne baterije. Pametna baterija komunicira z ostalimi komponentami s pomočjo dveh ločenih komunikacijskih vmesnikov:

- Prvi uporablja urino (ang. clock) in podatkovno (ang. data) vodilo, ki je primarni komunikacijski kanal med pametno baterijo in ostalimi komponentami sistema za upravljanje z vodilom. Pametna baterija zagotavlja podatke kadar je tako zahtevano, pošilja informacije o polnjenju polnilcu in opozarja na kritične dogodke, ko parametri (izračunani ali izmerjeni) presegajo določene meje v pametni bateriji.
- Drugi vmesnik je sekundarni signalni mehanizem (ang. Safety Signal), opisan kot

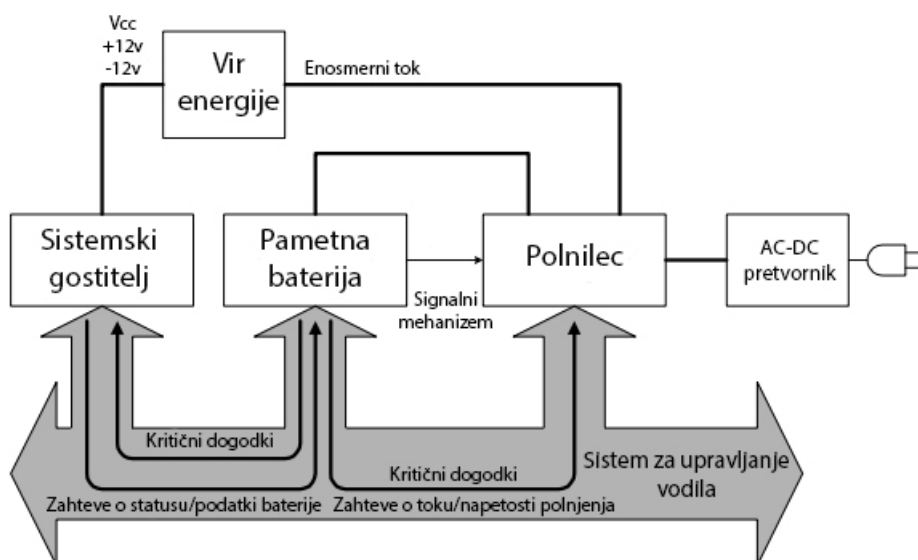
T-nožica (ang. T-pin) na konektorju pametne baterije. Ta vmesnik je namenjen sporočanju kdaj je polnjenje na voljo. Pomemben je predvsem takrat, ko odpove sistem za upravljanje vodila, saj tako postane edini način komunikacije pametne baterije s polnilcem. Pametna baterija uporablja ta vmesnik tudi za potrditev pravilnega polnjenja.

Polnilec pametne baterije

Polnilec pametne baterije je vezje, ki neprestano komunicira z baterijo in pridobiva informacije o stanju baterije, s tem pa uravnava svoje oddajanje da ugotovi zahteve baterije. To omogoča bateriji nadzor svojega polnilnega cikla. Če je baterija polna, naprava pa priključena v vir napetosti, lahko sistem onemogoči napajanje naprave s strani baterije in črpa energijo samo iz vira napetosti. Polnilec prejme tudi opozorila in kritične dogodke s strani baterije, ko le-ta zazna težavo. Opozorila vključujejo: prenapolnjenost, prenapetost, previsoka temperatura in prehitro porast temperature.

Sistem za upravljanje vodila

Sistem za upravljanje vodila (ang. SMBus) predstavlja kos elektronskega vezja, ki ga napaja pametna baterija in s katero lahko komunicira. Gostitelj zahteva informacijo od baterije, ki jo nato uporabi za upravljanje porabe sistema ali pa za sporočanje stanja in zmogljivosti baterije uporabniku. Gostitelj prav tako kot polnilec prejema informacije o težavah, vendar poleg vseh prej naštetih opozoril, prejme tudi opozorila o koncu praznjenja, kapaciteti baterije pod pragom nastavljenim s strani uporabnika in o preostalem času pod pragom nastavljenim s strani uporabnika. Podrobnejši prikaz sistema je na sliki 1.



Slika 1: Grafični prikaz modela pametne baterije s prikazom treh glavnih komponent, sistema gostitelja, pametne baterije, polnilca ter komunikacije med njimi [3].

3.1.3 Programski del

Programski vmesnik je razdeljen na tri dele:

- vodilo-baterija,
- polnilec-baterija in
- baterija-polnilec ali baterija-vodilo .

Vodilo-baterija

Komunikacija vodilo-baterija se uporablja za pridobivanje podatkov, ki so prikazani uporabniku ali pa upravljalniku porabe v sistemu za upravljanje vodila. Uporabnik lahko prejme dve vrsti podatkov s strani baterije: dejanske ali predvidene podatke. Dejanski podatki so lahko izmerjeni, kot naprimer temperatura, napetost, tok ali pa je to lahko lastnost baterije, kot naprimer vrsta kemijske spojine v bateriji. Predvideni podatki se izračunajo glede na trenutno stanje baterije ter njene lastnosti, kot naprimer preostali čas delovanja pri trenutni stopnji izpraznjenosti. Ker ima baterija tudi uro, so lahko informacije predstavljene kot povprečje v določenem intervalu. Sistem za upravljanje s porabo lahko sodeluje z gonilnikom, ki ugotovi, ali bo določena akcija škodila integriteti sistema. Na primer vrtenje diska, ko je baterija skoraj izpraznjena, lahko povzroči padeč napetosti pod dovoljeno stopnjo in s tem sistemsko okvaro. Da

bi to preprečil, gonilnik potrebuje informacijo s strani baterije, da bo znal pravilno ukrepati. Če gonilnik prejme informacijo od baterije in odkrije, da ni na voljo dovolj moči, lahko zahteva da sistem za upravljanje z energijo izklopi ne-kritičnega porabnika energije, kot naprimer osvetlitev LCD zaslona in nato ponovno poizkusi.

Komunikacije vodilo-baterija so izvedene:

- da sporočijo uporabniku preostali čas delovanja pametne baterije,
- da sporočijo uporabniku koliko časa je potrebnega za napolnitev pametne baterije,
- da omogočijo pametnim baterijam zagotavljanje pravih in točnih podatkov uporabnikom,
- da določijo zahteve sistema za upravljanje vodila v realnem času,
- da omogočijo sistem za upravljanje z energijo, ki temelji na realnih podatkih s strani baterije,
- da omogočijo proizvajalcem baterij zbiranje podatkov o uporabi pametne baterije in
- da omogočijo proizvajalcem baterij elektronsko žigosanje baterij v času proizvodnje.

Polnilec-baterija

Polnilec mora razumeti lastnosti baterije, ki jo polni. Današnji prenosniki, ki uporabljajo nikelj-metalhidridne (NiMH) in nikelj-kadmij (NiCd) baterije, dovajajo konstanten tok na baterijo. Konec polnjenja se določi tako, da polnilec zazna nenaden dvig temperature v bateriji. Tu pa nastopi problem; ko v enako ohišje postavimo baterijo z drugačnimi kemičnimi lastnostmi, tudi če je napetost enaka, se lastnosti polnjenja lahko močno razlikujejo. Boljša metoda je komunikacija baterije s polnilcem. Baterija sporoči polnilcu, kdaj je napolnjena in kako prilagoditi polnilno napetost in tok tako, da sta optimalni za trenutno stanje baterije. Polnilci, ki komunicirajo z baterijo imajo dve prednosti pred polnilcem, ki zazna dvig temperature: prvič, bateriji zagotavljajo maksimalno moč, ki jo baterija še dovoljuje, druga prednost pa je prepoznavanje in pravilno polnjenje baterij z različnimi kemijskimi lastnostmi in napetostmi.

Komunikacije polnilec-baterija so izvedene:

- da omogočijo polnjenje pametnih baterij na najhitrejši in najvarnejši možni način,
- da omogočijo uporabo novih in različnih tehnologij baterij v obstoječi napravi in

- da omogočijo dostop do pravilnega algoritma polnjenja za določeno baterijo.

Baterija-polnilec ali baterija-vodilo

Pametna baterija mora imeti možnost obveščanja sistema za upravljanje vodila o morebitnih težavah. Ta obvestila predstavljajo zadnji korak s strani baterije pri obveščanju tako polnilca kot sistema za upravljanje vodila, da bo baterija odpovedala ali pa bo prenapolnjena. Pametna baterija pričakuje ustrezen ukrep s strani polnilca ali sistema za upravljanje vodila.

Komunikacije baterija-polnilec ali baterija-vodilo so izvedene:

- da omogočijo opozarjanje drugih komponent sistema s strani pametne baterije o morebitnih težavah,
- da omogočijo opozarjanje uporabnika s strani baterije o morebitnih težavah, da lahko odpravijo le-te in
- da omogočijo sporočanje polnilcu s strani baterije kakšen tok in napetost želi za polnjenje.

3.1.4 Zaznavanje napak in sporočanje

Pametna baterija zagotavlja enostaven sistem za sporočanje napak. Sistem za zaznavanje napak je ustvarjen za zmanjšanje prometa na I^2C vodilu in kode potrebne za komunikacijo z baterijo.

Zaznavanje napak

Ko pametna baterija zazna napako (kot naprimer ukaz, ki ni podprt, podatke, ki niso na voljo, slabe ali zasedene podatke) sporoči sistemu za upravljanje vodila, da je bila zaznana težava. Vse funkcije, ki jih pametna baterija obdela so obravnavane kot brez napak, razen če pametna baterija sporoči sistemu za upravljanje vodila, da je zaznala težavo. Po obdelavi vsake funkcije mora pametna baterija poslati ustrezno kodo napake v register napak (ang. error register), tj. "ok" ali "zaznana ni bila nobena napaka (ang. no error detected)".

Sporočanje napak

Pametna baterija sporoči sistemu za upravljanje vodila, da je zaznala nepopravljivo napako, pri čemer izkoristi zahtevo I^2C vodila, da mora biti po vsakem prenesenem bajtu poslan tudi potrditveni bit s strani prejemnika. Če pametna baterija ne more zagotoviti potrditvenega bita, je sistem za upravljanje vodila primoran generirati stanje

ustavitve (ang. stop) s čimer prekine prenos. To sporoči sistemu za upravljanje vodila da se je pripetila napaka. Za nekatere funkcije se uporabljajo nepravilni podatki kot sporočilo, da veljavni podatki niso na voljo. V takšnem primeru funkcija postavi “ok” v register napak. Pametna baterija mora vedno potrditi svoj lasten naslov. V primeru, da tega ne stori, lahko sistem za upravljanje vodila ali polnilec sklepa, da pametna baterija ni prisotna v sistemu. Pametna baterija se lahko odloči, da ne potrdi ostalih bitov po njenem naslovu, če je zasedena ali drugače nezmožna odgovoriti.

Odpravljanje napak

Ko sistem za upravljanje vodila gostitelj ugotovi, da se je pripetila napaka, uporabi funkcijo status baterije (ang. batterystatus), da dobi kodo napake s strani pametne baterije. V primeru, da je koda napake “OK” težava ni bila v bateriji. Najverjetneje je bila napaka na vodilu, zato mora sistem za upravljanje vodila ponovno zagnati prvotno funkcijo [3].

3.2 Polnjenje prenosnikov

3.2.1 AC adapter

Polnjenje prenosnika prek AC adapterja je verjetno najbolj znan in uporabljen način polnjenja prenosnika. Takšen adapter dobimo tudi ob nakupu prenosnika. Polnilec je sestavljen iz žice, ki jo vključimo v vtičnico in sprejema izmenični tok, ter črne škatlice imenovane pretvornik. Ta pretvornik pretvori izmenični tok, ki ga prejmemo iz vtičnice v enosmerni tok, s katerim deluje baterija v prenosniku. Ta tok nato potuje po drugi žici do prenosnika in baterije [4].

3.2.2 DC adapter

DC adapter je navadno, ne pa vedno, potrebno dokupiti naknadno, uporaba pa ni tako razširjena kot pri AC adapterju. Na trgu je veliko različnih DC adapterjev, od najbolj znanih, ki se uporabljajo v avtomobilu, polnilcev na letalih in dodatnih baterij, ki se uporabljajo za polnjenje drugih naprav. Ker baterija v prenosniku deluje na enosmerni tok lahko takšen adapter priključimo direktno iz vtičnice v napravo. Seveda mora vtičnica proizvajati enosmerni tok. Težava pri takšnem polnilcu je edino napetost, ki je po večini nižja od zahtevane za polnjenje baterij v prenosniku. Zaradi tega večina DC adapterjev deluje tako, da shrani energijo in jo pretvori v ustrezno napetost, ki jo zahteva baterija.

3.2.3 Univerzalni adapter

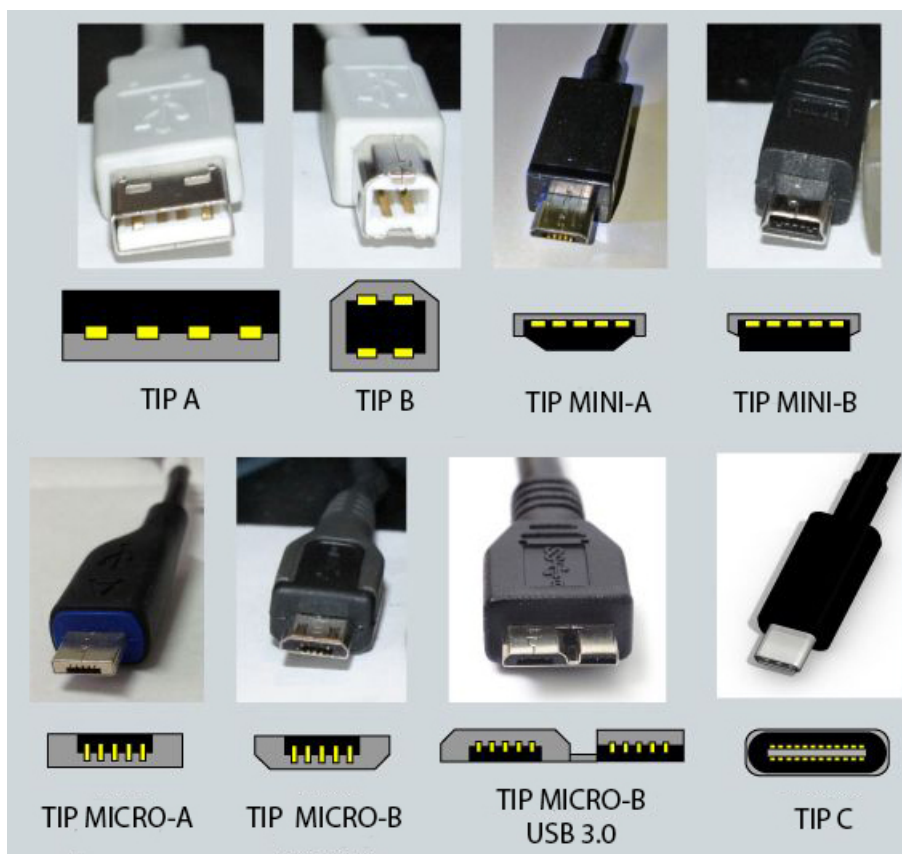
Univerzalni adapterji so na voljo samo kot dodatna oprema in niso nikoli priloženi napravi. Cena takšnega adapterja je ponavadi višja od cene navadnega AC adapterja. Vloga univerzalnega polnilca je kompatibilnost z vsemi napravami ali vsemi vrstami toka. Torej lahko z enim adapterjem napolnimo tako prenosnik znamke Toshiba kot prenosnik znamke HP. Uporabimo lahko izmenični ali enosmerni tok, torej zmanjšamo število adapterjev, ki bi jih potrebovali drugače na enega [4].

3.2.4 USB adapter

Z napredkom v tehnološkem in dizajnerskem smislu sodobnih prenosnikov so podjetja pričela črpati navdih v polnjenju mobilnih telefonov. Z razvojem novih USB standardov so tako prenosniki tanjši, znebili pa so se tudi motečih AC adapterjev. Tipi USB za uporabo s pametnimi napravami so prikazani na sliki 2.

USB-C

USB-C je nov industrijski standard za vmesnike USB, novost je predvsem podpora za napajanje. Razvit je bil s strani USB Implementers foruma, to je skupine podjetij, ki je razvila in certificirala USB standard. Na prvi pogled je podoben Micro USB priključku, vendar je malo tanjši in obratno kompatibilen (tj. obe strani sta enaki, tako da ga lahko priključimo brez obračanja na katerokoli stran) [5]. Seveda ima novi standard veliko pozitivnih sprememb in izboljšav, vendar se bomo osredotočili na polnjenje. USB-C lahko prenaša do 100W/20V moči. To pomeni, da bomo lahko v prihodnosti polnili računalnike brez nerodnih AC adapterjev kot smo bili navajeni do sedaj. Trenutno takšno tehnologijo uporabljata najnovejši Applov prenosnik Macbook in pa Googlov Chromebook Pixel [6]. Nekoliko drugačno idejo povezano z USB vmesnikom so uporabili pri podjetju Lenovo. Njihov prenosnik Yoga 3 Pro ima namreč polnilec, ki je na las podoben Tipu A USB, poveže pa se z navadnim USB vhodom v katerega lahko priključimo tudi ostale naprave kompatibilne z USB vhodom. Edina razlika je v zasnovi kabla, ki z dodatno nožico omogoča polnjenje naprave prek USB vhoda. Seveda polnjenje deluje samo s priloženim kablom in polnilcem, vendar so se znebili dodatnega vhoda ter AC adapterja [7].



Slika 2: Tipi USB za uporabo s pametnimi napravami in prikaz razporeditve konektorjev v posameznem tipu [8].

Možne zlorabe

Prihod USB-C vmesnika pa ni prinesel samo pozitivnih temveč tudi negativne posledice. Zlorabe preko USB vmesnika niso novost. Leto nazaj so raziskovalci spisali škodljivo kodo imenovano BadUSB, ki se prenese na računalnik preko USB naprav, torej mobilnih telefonov ali usb ključev. Pred prihodom USB-C vmesnika smo lahko nekoliko lažje izognili takšnemu vdoru, če smo recimo pazili kakšne usb naprave priključimo v naš računalnik. USB-C prav tako še nima odpravljene izpostavljenosti BadUSB kodi, po drugi strani pa je vhod, v katerega bomo v prihodnosti pravzaprav priključili vse naprave, vključno s polnilcem. Ta lastnost povzroči neomejeno tveganje za polnjenje na javnih mestih, kot smo recimo vajeni polnilcev na letališčih, restavracijah ipd. Seveda so to trenutno le predpostavke, vendar se odpira veliko vprašanj, kako se bodo takšne težave odpravile in koliko je uporaba takšnega polnjenja sploh varna [9].

3.3 Tipi baterij v mobilnih telefonih in prenosnikih

V drugem poglavju smo si pogledali zgodovino razvoja baterij, sledi primerjava različnih tipov baterij, ki so skozi leta predstavljala glavni vir energije v prenosnikih in mobilnih telefonih. Opisane bodo prednosti in slabosti posameznega tipa in razlike pri polnjenju.

3.3.1 Ni-Cd

Najstarejši tip baterije, ki se dandanes ne uporablja več, vsebuje dve spojini, Nikelj (Ni) in Kadmij (Cd). Takšna baterija je v primerjavi z današnjimi zelo težka in ima spominski efekt. To pomeni, da si baterija, če je ne izpraznimo popolnoma, zapomni do kam smo jo izpraznili in to uporabi kot spodnjo mejo do kam se lahko izprazni. Če baterijo izpraznimo večkrat zapored na 25% lahko pričakujemo, da bo baterija delovala le s preostalimi 75%. Takšen pojav lahko drastično zmanjša življenjsko dobo baterije oziroma jo naredi praktično neuporabno. Da bi se izognili takšnemu efektu moramo baterijo popolnoma izprazniti in napolniti vsaj enkrat na par tednov. Ker baterija vsebuje Kadmij, ki je strupen, moramo biti pri zavračanju takšnih baterij previdni in jih zavreči na pravilen način.

3.3.2 NiMH

To so baterije, ki so zamenjale Nikelj-Kadmijeve zaradi strupenega Kadmija. Še vedno so podvržene spominskemu efektu, vendar je vpliv veliko manjši, zato zahtevajo manj vzdrževanja in kalibriranja. Seveda se s tem pojavi drug problem. Takšne baterije so podvržene težavam zaradi zelo visokih ali zelo nizkih temperatur. Tudi če ne vsebujejo strupenih materialov jih ne moremo popolnoma reciklirati. V primerjavi s prejšnjo tehnologijo takšne baterije zagotavljajo tudi višjo gostoto električne energije. Povedano drugače, NiMH ima za približno dvakrat večjo kapaciteto kot Ni-Cd. To pomeni, da se podaljša čas delovanja brez povečanja teže.

3.3.3 Li-ion

To je trenutno najbolj razširjena vrsta baterij na svetu, in prinaša pomembno prednost glede na njene predhodnike. Takšna baterija ne pozna spominskega efekta zaradi česar je njena življenjska doba veliko daljša. Prav tako ne vsebuje strupenih materialov, recikliramo pa jih lahko že v vsaki večji trgovini. Seveda tudi ta tehnologija nima samo prednosti. Baterije te vrste lahko ob nepravilni uporabi zelo hitro reagirajo ter povzročijo celo vžig [10].

3.3.4 Li-polimer

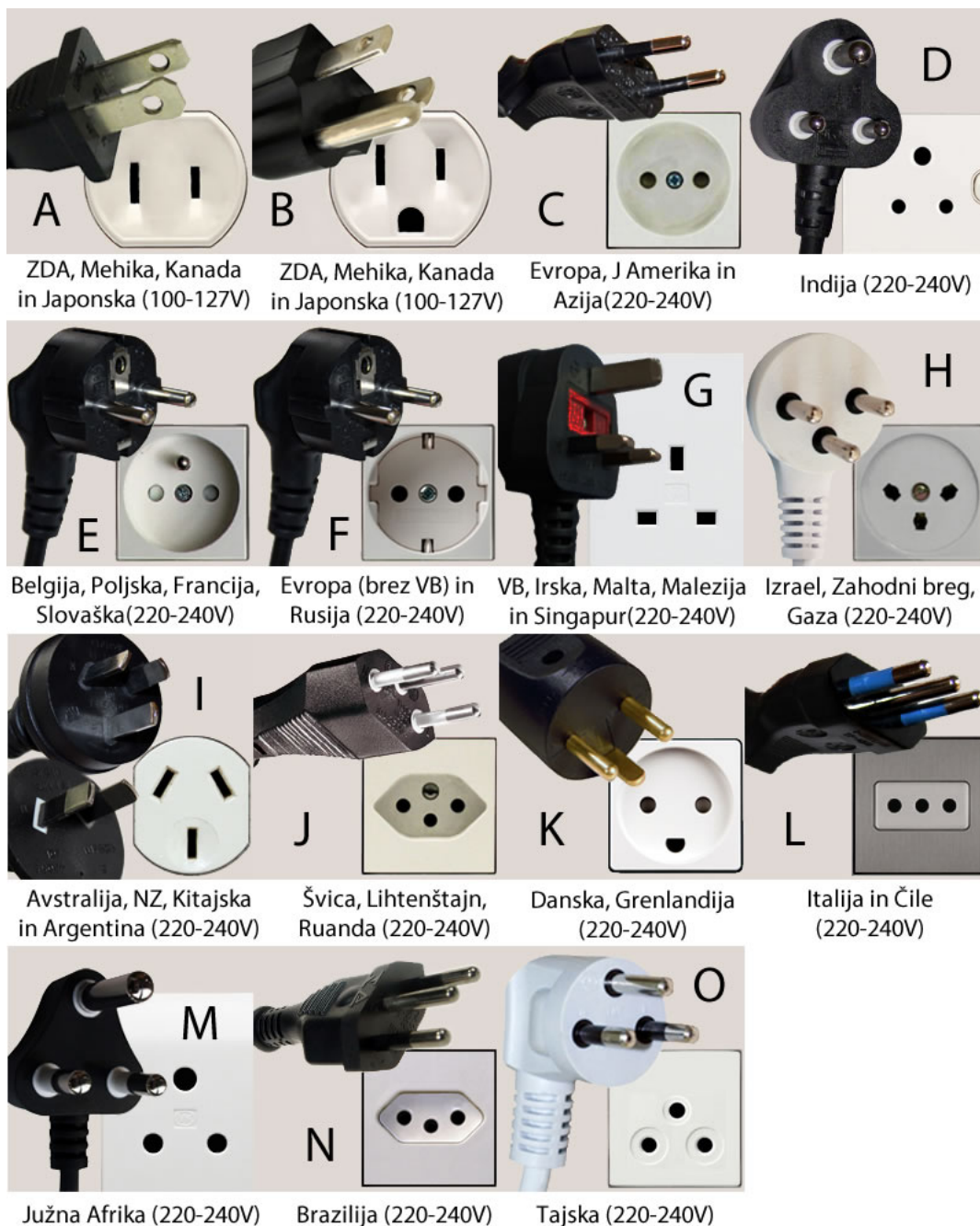
Litij-polimer baterije so prihodnost Li-ion baterij. Zaradi izboljšane tehnologije znotraj baterije je izdelava cenejša, materiali pa dostopnejši. Podobno kot Li-ion baterije tudi te baterije lahko eksplodirajo, če jih polnimo na nepravilen način ali zaradi kratkega stika [11]. Uporaba narašča predvsem zaradi oblike teh baterij, saj so zelo tanke in tako pripomorejo k sami tankosti naprave.

3.4 Polnjenje v različnih državah

Na svetu obstaja več standardov, večina med njimi je nekompatibilnih med seboj. To pomeni, da če želimo polniti pametno napravo na drugem kontinentu, potrebujemo pretvornik moči ali pa samo adapter za spreminjanje vhoda v vtičnico. Torej, če kupimo telefon v Združenih Državah Amerike polnilec, ki smo ga prejeli ob nakupu ne služi svojemu namenu, saj ga ne moremo uporabiti v Evropi. Zakaj je temu tako? V poznih letih 19. stoletja je Thomas Alva Edison, najbolj znan po izumu žarnice, eksperimentiral z DC tokom in tako poskrbel, da je večina domačih aplikacij delovala z 110V. Na drugi strani pa je Nikola Tesla eksperimentiral z izmeničnim tokom, ki je deloval na 240V. Še danes je večina držav po svetu zavezana 220-240V napetosti, različne pa so predvsem vtičnice. Za to temo sem se odločil, ker je to ena večjih težav polnjenja in ker naloga govori o brezžičnem polnjenju. Čeprav dandanes USB standard nekako rešuje to težavo, USB vhodi še vedno niso tako razširjeni kot vtičnice. Poleg tega moramo računalnik, če želimo polniti napravo prek USB, priključiti v domače omrežje prek vtičnice. Tu pride v poštev brezžično polnjenje. Intel se je pričel ukvarjati s to težavo in pričel razmišljati o brezžičnosti za domačo rabo. Tako so izdelali in predstavili sistem, ki napaja žarnico in tako nekako začeli revolucijo žičnega napajanja. Seveda bo minilo še veliko let preden bo to postalo realnost, vendar je vsaka tehnologija imela svoj začetek [12], [13]. Na sliki 3 so prikazani vsi tipi vtičnic, ki so trenutno v uporabi, podana je tudi razlaga specifikacij posameznega tipa, država, kjer se uporablja in kompatibilnost z ostalimi tipi.

- Tip A Uporablja se predvsem v ZDA, Kanadi, Mehiki in na Japonskem. Sestavljen iz dveh nožic, ni ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 100 do 127V.
- Tip B Uporablja se predvsem v ZDA, Kanadi, Mehiki in na Japonskem. Sestavljen iz dveh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 100 do 127V. Kompatibilen s tipom A.

- Tip C Uporablja se predvsem v Evropi, Južni Ameriki in Aziji. Sestavljen iz dveh nožic, ni ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V.



Slika 3: Grafični prikaz tipov vtičnic po svetu ter v opisu država, kjer se tip uporablja ter napetost [14].

- Tip D Uporablja se v Indiji. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C.

- Tip E Uporablja se predvsem v Franciji, Belgiji, na Poljskem, Češkem in Slovaškem. Sestavljen iz dveh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipoma C in F.
- Tip F Najbolj znan tip v Evropi in Rusiji razen držav Združenega Kraljestva. Sestavljen iz dveh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipoma C in E.
- Tip G Uporablja se predvsem v Združenem Kraljestvu, Malti, Maleziji in v Singapuru. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V.
- Tip H Uporablja se samo v Izraelu, zahodnem bregu in Gazi. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C.
- Tip I Uporablja se predvsem v Avstraliji, Novi Zelandiji in Argentini. Sestavljen iz dveh (ni ozemljen) ali treh nožic (ozemljen), zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V.
- Tip J Uporablja se skoraj samo v Švici, Lihtenštajnu in Ruandi. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C.
- Tip K Uporablja se skoraj samo na Danskem in Grenlandiji. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C.
- Tip L Uporablja se skoraj samo v Italiji in Čilu. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C.
- Tip M Uporablja se v Južnoafriški republiki. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V.
- Tip N Uporablja se skoraj samo v Braziliji. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C.
- Tip O Uporablja se na Tajskem. Sestavljen iz treh nožic, ozemljen, zagotavlja pa uporabo napetosti od 220 do 240V. Kompatibilen s tipom C [14].

3.5 Polnjenje mobilnih telefonov pred USB

Zgodovina mobilnih telefonov sega daleč v zgodovino, prav tako njihove baterije in polnjenje. Prva baterija v mobilnem telefonu je bila pravzaprav avtomobilski akumulator povezan direktno na telefon za razliko od današnjih ločenih baterij. Delovanje: šest klicev. Razvoj je kmalu prišel do točke, ko so bile baterije dejansko znotraj mobilnega telefona vendar so bile še zelo velike, kar je vplivalo tudi na velikost telefona. Baterije v prvih mobilnih telefonih so potrebovale kar 10 ur, da so se popolnoma napolnile. Ker so bili telefoni težki in jih ljudje niso prenašali okrog se jih je prijel vzdevek "car phone". Šele v devetdesetih letih prejšnjega stoletja so telefoni postali toliko majhni in prenosni, da so prišli v masovno rabo [15].

Prvi polnilec se je pojavil v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Polnjenje baterije je trajalo okrog 10 ur, baterija pa ni zdržala niti cel dan. Poleg tega so bile prve baterije Ni-Cu, kar pomeni, da so bile podvržene spominskemu efektu in so izgubljale na kapaciteti. Veliko boljši je bil njegov naslednik, ki je spremljal приход mobilnih telefonov med množice. Zelo podoben današnjim je imel pretvornik AC/DC na koncu, ki ga vključimo v vtičnico, vendar je bil kabel, ki smo ga nato priključili v napravo, združen z adapterjem, torej ga nismo mogli zamenjati. Takšni polnilci so delovali z novo tehnologijo baterij v mobilnih telefonih, NI-MH, baterijo so lahko napolnili v štirih urah. Baterije niso imele več spominskega efekta, trajanje se je podaljšalo vsaj na en dan normalnega delovanja [16].

Edini problem v teh polnilcih je bil ta, da je bil polnilec kompatibilen le z določeno znamko ali le z določenim telefonom. Dandanes imajo lahko telefoni različnih znamk enake priključke, recimo micro USB, torej za polnjenje različnih naprav potrebujemo samo en kabel.

3.6 Polnjenje mobilnih telefonov prek USB kabla/vmesnika

Trenutno so na trgu štiri USB standardi - USB 1.0, 2.0, 3.0 in 3.1 standard, ki je namenjen predvsem USB-C vmesniku. V omrežju USB poznamo gostitelja in napravo. V večini primerov je gostitelj računalnik, naprava pa telefon, ki ga želimo napolniti. Energija vedno teče samo od gostitelja do naprave, medtem ko podatki lahko potujejo v obe smeri. Če pogledamo s tehnične plati ima USB vhod štiri nožice (ang. pin), USB kabel pa štiri žice. Notranji nožici prenašata podatke (D+ in D-), medtem ko zunanji nožici proizvajata 5 voltno napetost. Če govorimo o dejanski napetosti poznamo tri vrste USB vhodov: standarden dovoden vhod, polnilni dovoden vhod in vhod namenjen samo polnjenju. Prvi dve vrsti lahko najdemo na prenosniku (ustrezno označeni),

tretja vrsta pa spada pod tako imenovan zidni polnilec. Nekateri prenosniki nimajo ustreznih oznak, zato se zna zgoditi, da en USB vhod lahko polni naprave, drug USB vhod pa ne. Torej vsi USB vhodi niso primerni za polnjenje. USB omogoča tudi polnjenje medtem ko je računalnik ugasnjen. Takšna zmožnost je predvsem značilna za namizne računalnike, ki imajo več moči in tok skozi matično ploščo teče skoraj vedno, vendar tudi nekateri prenosniki podpirajo takšno metodo. Polnjenje prek USB pa ni mogoče samo s pomočjo prenosnika. Današnji adapterji, ki jih vključimo v vtičnico v zidu, imajo namreč USB vhod. To pomeni, da se je standard USB razširil tako v moči kot tudi uporabnosti. Poznamo tudi polnilce, ki jih lahko vključimo v vtičnice v avtomobilih in imajo prav tako USB vhod [17].

3.6.1 Prenosni polnilec

S tem, ko so mobilne naprave preplavile trg, se je povečala tudi zahteva po polnjenju teh naprav vedno in povsod. Takšne naprave imajo seveda omejen čas delovanja glede na baterijo, ki jih poganja. Da bi omogočili polnjenje v raznoraznih situacijah, kjer nimamo dostopa do vtičnice, se je razvil prenosni polnilec. Takšni polnilci imajo v notranjosti ohišja ponavadi litij-ion (Li-ion) ali litij-polimer (LiPo) baterijo, s čimer se zagotovi majhnost in prenosnost. Polnilec ima dva vmesnika, en je USB vhod za napravo, torej izhod, ki zagotavlja energijo, drug pa vhod USB, ki poskrbi, da lahko napolnimo baterijo v notranjosti polnilca. Kapaciteta se meri v miliamper-urah (mAh), višja številka seveda pomeni boljšo zmogljivost. Nekateri novejši polnilci imajo celo več izhodov za naprave, tako da lahko napolnimo več naprav hkrati. Seveda različni takšni polnilci ponujajo različne možnosti, recimo zaslon, ki pove, koliko baterije je še na voljo v polnilcu [18].

3.6.2 Hitrejše polnjenje prek USB

Asus Ai Charger

Podjetje Asus je razvilo rešitev za hitrejše in učinkovitejše polnjenje naprav prek USB vmesnika imenovano Asus Ai Charger. Rešitev je programska, torej deluje kot gonilnik. Polnjenje deluje v vseh načinih računalnika, med normalnim delovanjem, v načinu spanja, načinu mirovanja in tudi, ko je prenosnik ugasnjen. Polnjenje poteka tudi do 50 odstotkov hitreje, deluje pa samo za Appleove naprave [19], [20].

ChargeDr

Druga rešitev zahteva nakup dodatnega pripomočka, ki ga vstavimo v USB vhod, imenovanega ChargeDr. Tudi pri tem pripomočku je rešitev programska, ko vstavimo

pripomoček v USB vhod začne komunicirati z vmesnikom pametne baterije ter tako omogoči oddajanje več energije skozi USB vmesnik kot je normalno dovoljeno. Omejitve so postavljene predvsem zaradi starosti standarda USB, ki sega v leto 2000. Takrat pametnih telefonov še ni bilo na trgu in je bil vmesnik USB namenjen predvsem napajanju spletnih kamer, tipkovnic ter druge dodatne opreme. Komunicira tudi z vmesnikom pametne baterije priključene naprave in tako zagotavlja maksimalno moč, ki jo naprava še podpira. Prav tako, kot prejšnja rešitev, tudi ta ne podpira vseh naprav. Podprti kabli so kabli podjetja Apple ter mikro USB kabli [21].

4 BREŽŽIČNO POLNENJE

4.1 Razvoj

Brezžično polnjenje bo lahko nekega dne zamenjalo žice in vmesnike kot sta to pred njim storila Wi-Fi in Bluetooth v komunikacijski tehnologiji. Koncept brezžičnega polnjenja sloni na indukciji, ki z uporabo elektromagnetnega polja prenese energijo od oddajnika do sprejemnika. Brezžičen prenos energije ni novost. Leta 1831 je Michael Faraday odkril indukcijo med pošiljanjem elektromagnetne sile skozi prostor. Ob koncu devetnajstega in začetku dvajsetega stoletja je Nikola Tesla predstavil brezžično oddajanje in prenos energije. Poskusi v Colorado Springsu leta 1899 so vodili do izdelave Teslovega stolpa imenovanega tudi Wardenclyffe v New Yorku. S tem je Tesla želel dokazati, da je električno energijo možno prenašati tudi brezžično, vendar je projekt zaradi slabe finančne podpore propadel. Šele v tridesetih letih prejšnjega stoletja se je pričelo javno oddajanje. V Evropi so gradili ogromne oddajnike, ki bi dosegli več držav. Transmitter v Švici, točneje v Beronmünsterju bi lahko prenašal celo 600kW, vendar so ga zaradi okoljevarstvenih protestov omejili na 180kW. Brezžično polnjenje je v nekaj pogledih podobno temu radijskemu oddajanju, saj prav tako prenaša energijo s pomočjo elektromagnetnega polja. Brezžično polnjenje deluje na kratkih razdaljah, kjer primarna tuljava proizvaja magnetno polje, sekundarna tuljava pa sprejme to magnetno polje in tako ustvarja energijo. Radijski oddajnik deluje na daljših razdaljah s pošiljanjem valov, ki potujejo skozi prostor. Medtem ko prejemna tuljava pri brezžičnem polnjenju prejme večino proizvedene energije, prejemna tuljava pri radijskem polnjenju prejme samo par mikrovoltov za obnovo signala, ki ga nato z ojačenjem spremenimo v original.

Tipi brezžičnega polnjenja

Brezžično polnjenje delimo na indukcijsko polnjenje, radijsko polnjenje in resonančno polnjenje. Večina današnjih brezžičnih polnilcev uporablja indukcijsko metodo s prenašanjem in prejetjem inducirane magnetne polja preko tuljav v kratkem dometu. Električne zobne ščetke so kot prve uporabljale to metodo, mobilni telefoni pa zaradi svoje široke uporabe peljejo to tehnologijo v novo obdobje. Radijsko polnjenje je namenjeno napravam z majhnimi energijskimi zahtevami, ki so znotraj deset meterskega radiusa oddajnika. Uporablja se predvsem za polnjenje baterij v medicinskih vsadkih,

slušnih aparatih, urah in čipih za radiofrekvenčno identifikacijo (ang. Radio frequency identification - RFID). Oddajnik pošlje en vat (ang. wat), ki ga prejemnik spremeni v energijo. Takšno polnjenje najbolj spominja na radijski oddajnik; ponuja visoko fleksibilnost vendar ima nizek prenos energije in izpostavlja ljudi elektro smogu.

4.2 Delovanje

V stanju pripravljenosti lahko polnilec pošlje signale, ki zaznajo prisotnost naprave. Zaznava deluje s pomočjo spremembe v kapacitivnosti (razmerje med električnim nabojem in električnim potencialom) ali resonanci. Ko polnilec zazna napravo, prenese sunkovit signal, ki prenese dovolj energije za vklop prejemne naprave. Naprava se zbudi in odgovori z identifikacijo in signali signalne moči, ki se uporabljajo za izboljšanje postavitve prejemne naprave ali pa povečanjem magnetnega sklopa med polnilcem in napravo. Polnilec lahko prenese energijo samo kadar zazna veljavno napravo, zaznava in potrjevanje pa potekata na različne načine glede na različne standarde. Med polnjenjem polnilec pošilja krmilne signale za nadziranje nivoja moči. Ko je naprava napolnjena ali ko jo odstranimo, polnilec preide v stanje pripravljenosti. Polnilna tuljava in tuljava v napravi sta zaščiteni, da zagotovita optimalno parjenje in zmanjšanje odvečnega sevanja. Nekateri polnilci uporabljajo premikajočo se tuljavo, ki poišče tuljavo v napravi nad seboj za optimalno parjenje, spet drugi polnilci pa imajo več tuljav in aktivirajo samo tiste, ki so v bližini prejemnikove tuljave.

4.3 Prednosti in slabosti

Brezžično polnjenje ponuja veliko prednosti za uporabnike. Zagotavlja varno polnjenje v nevarnem okolju, kjer bi električna iskra lahko povzročila eksplozijo; dovoljuje polnjenje tam, kjer mast, prah in korozija preprečujejo dober električen stik. Odstranjevanje stikov pomaga tudi v medicini, kjer je pomembna sterilnost. Brezžično polnjenje je obstojno in se ne izrabi kot recimo kontakti ob večkratnem vstavljanju kabla. Pri polnjenju vozil voznik preprosto parkira vozilo nad polnilno tuljavo. Slabost brezžičnega polnjenja je še vedno prevelika izguba energije. Kalifornijska komisija za energijo (CEC) zahteva, da imajo AC adapterji za pet zvezdic učinkovitost nad 85 odstotki. Energy star zahteva še več, 87 odstotkov. Če dodamo izgube AC adapterja k brezžičnemu polnilcu se učinkovitost pomakne še malo dlje, saj je učinkovitost prenosa pri indukcijskem polnjenju samo 75-80 odstotkov. Takšna izguba vpliva tudi na to da je še vedno okoli ena milijarda telefonov po svetu polnjena prek vtičnic. Brezžičen prenos energije (ang. Wireless power transmission) združuje AC adapter, ki proizvaja reguliran enosmerni tok, ter izolira navadne AC vtičnice v eno samo pretvorbo elek-

trične energije. Takšna združitev pripelje do boljšega izkoristka in zadostuje Energy Star standardom. Izgubljena energija se spremeni v toploto, zaradi česar se brezžični polnilec med polnjenjem lahko hitro segreje. Če toplota ni ustrezno usmerjena lahko vpliva na baterijo in tako skrajša življenjsko dobo le-te. Segrevanje polnilca poteka samo med polnjenjem; ko je naprava napolnjena, se polnilec ohladi. Težave povzročata tudi sevanje, ki je zelo občutljiva tema pri takšni tehnologiji. Težave so podobne kot pri ljudeh, ki živijo med baznimi postajami in so izpostavljeni podobnim sevanjem. To lahko povzroči zamudo v razvoju standarda srednje moči, saj večja moč pomeni tudi več sevanja. Vendar interoperabilnost in združljivost za nazaj pomagata pri uporabi nižjih standardov. Elektromagnetna energija iz radijskih stolpov, mobilnih telefonov, Wi-Fi-ja in sedaj brezžičnega polnjenja je kategorizirana kot ne-ionsko sevanje, ki je nenevarno. Ionski žarki, ki so proizvedeni pri rentgenskem slikanju, so po drugi strani dokazano škodljivi in povzročajo raka. Z naraščanjem števila ne-ionskih naprav se ljudje sprašujejo o varnosti. Seveda se regulativni organi in zdravstvene organizacije ukvarjajo z vprašanji varnosti in škodljivosti. Če bo to dokazano, se bo hitro izvedelo. Večje tveganje, če sploh, povzroča nošenje mobilne naprave tesno ob telesu. Naprava namreč v stanju mirovanja vseskozi išče stik z bazno postajo s prenašanjem kratkih intervalov signalov. Oddajna moč je prilagojena bližini stolpa in je višja v obrobni območjih. Možnost brezžičnega polnjenja doda okoli 25 odstotkov k ceni polnilne postaje, pri čemer se za enako vsoto dvigne tudi cena naprave. Cena naj bi se nižala z obsegom, vendar veliko današnjih naprav uporablja polnjenje prek žic kot praktično alternativo [22].

4.4 Standardi

Na trgu so trenutno trije standardi za brezžično polnjenje. Najstarejši in najbolj uveljavljen je Qi standard, po razvoju in uporabi mu sledi standard organizacije PMA, zadnji in nekoliko drugačen standard (uporablja drugačno tehnologijo) pa je standard organizacije A4WP, ki trenutno še ni v uporabi. Prikaz primerjave je v tabeli 1. V nadaljevanju je opisan vsak standard posebej skupaj z zgodovino in trenutno uporabo.

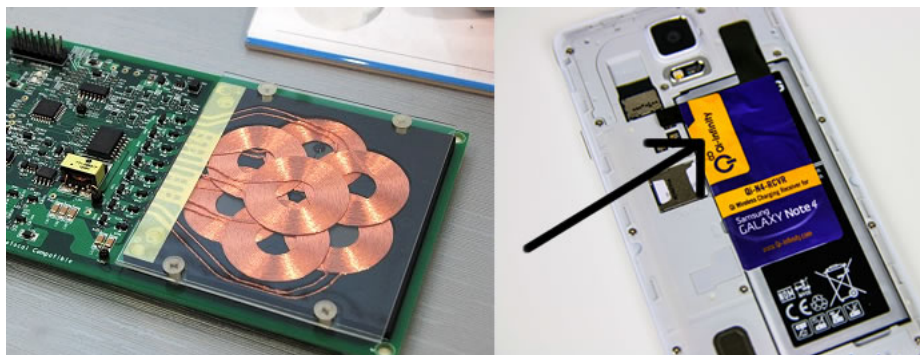
4.4.1 Qi

Trenutno najbolj razširjen in podprt s strani največ podjetij je standard Qi. Leta 2008 je bil ustanovljen Wireless Power Consortium, ki je ta standard razvil. Organizacija je sestavljena iz podjetij iz Azije, Evrope in Amerike v različnih industrijah, in vključuje originalne proizvajalce elektronike in opreme (OEM). Standard uporablja indukcijsko tehniko polnjenja in komunikacijski protokol za brezžične naprave. Katerakoli naprava,

	WPC	PMA	A4WP
Uradna ustanovitve	2008, prvi standard na trgu	2012 P&G in Powermat	2012 Samsung in Qualcomm
Tehnologija	Elektromagnetna indukcija, 100-205kHz; razdalja 5mm	Elektromagnetna indukcija, 277-357kHz; razdalja 5mm	Magnetna resonanca, večje razdalje.
Tržišča	Najbolj razširjen standard, več kot 500 izdelkov, več kot 60 mobilnih telefonov	Glavna konkurenca Qi standardu, več kot 100 000 lokacij v poslu s Starbucksom	Trenutno še v razvoju, brez uporabe
Člani	Samsung, LG, HTC, TI, Panasonic, Sony, Nokia, Motorola, Philips, Verizon, BMW, Audi, Daimler, VW Porsche, Toyota, Jeep	Powermat, Samsung, LG, TDK, TI, AT&T, Duracell, WiTricity, Starbucks Teavana, Huawei, FCC, Energy Star, Flextronics	Qualcomm, TedaTek, Intel, LG, HTC, Samsung, Deutsche Telecom

Tabela 1: Primerjava vseh treh glavnih standardov brezžičnega polnjenja [22].

ki ima podporo za ta standard je zmožna komunicirati z drugo WPC-kompatibilno napravo. Organizacijo vodi več podjetij, vsako podjetje ima en sedež v vodstvu WPC. Prva specifikacija Qi standarda je bila objavljena v letu 2009, 18 mesecev po prvem zasedanju. Prvi izdelek je bil certificiran istega leta, medtem ko so prvi mobilniki z integriranimi Qi sprejemniki prišli v javnost leta 2011. Dandanes je na trgu več kot 70 mobilnih telefonov, ki podpirajo Qi standard [23]. Najpomembnejši podporniki so Samsung, LG, Huawei, Motorola, Microsoft (pred prodajo telefoni podjetja Nokia), Energizer, Panasonic, Sony in Verizon [24]. Na sliki 4 je prikazana uporaba Qi standarda v polnilcu in napravi.



Slika 4: Prikaz umestitve tuljave standarda Qi v polnilcu (levo) ter napravi (desno) [25], [26].

4.4.2 PMA

PMA je neprofitna organizacija, ki pod svojem okriljem skrbi za razvoj standardov za brezžično polnjenje. Dandanes so vsi ti standardi združeni pod imenom PMA wireless charging standard. Standard uporablja indukcijsko tehniko polnjenja. Zgodovina samega razvoja sega skoraj deset let nazaj. Temelje za današnji PMA je pričelo postavljati podjetje Powermat, ki je bilo ustanovljeno leta 2006 v Izraelu, glavni krivec za to je bil Ran Poliakine. Po treh letih so javnosti predstavili prve izdelke, leta 2011 so pričeli sodelovanje z General Motors, enim vodilnih proizvajalcev v avtomobilski industriji, kar je bila njihova prvotna želja [27]. Leto kasneje je bilo prelomno, saj so Powermat, P&G in Duracell ustanovili PMA, organizacijo katere standard poznamo danes. Konec istega leta so ta standard sprejeli giganti Google, AT&T in Starbucks, kar je prineslo veliko razpoznavnost. Starbucks je obljubil, da bo pričel z vgrajevanjem brezžičnih polnilcev v njihove kavarne, AT&T bo odstranil konkurenčne standarde iz njihovih naprav in ponujal dodatke, ki podpirajo standard PMA, Google pa je obljubil podporo, kar je tudi dovolj v primeru takšnega tehnološkega velikana [28]. Leta 2013 se je organizaciji pridružilo še eno podjetje, ki je leta 2008 pričelo svojo pot v svetu brezžičnega polnjenja. Finski PowerKiss ponuja enostavne rešitve za brezžično polnjenje kar ni ostalo neopaženo. PowerKiss je seveda velika prednost predvsem za evropski market, saj ima že okoli tisoč lokacij, kjer je možno brezžično polnjenje z uporabo njihovih rešitev. Od sedaj naprej bo takšno brezžično polnjenje zamenjalo ime, torej bo delovalo pod okriljem PMA [29]. Na sliki 5 je prikazana njihova rešitev v obliki obročkov. V 2014 se jim je pridružil še Flextronics, proizvajalec rešitev za polnjenje pametnih naprav. S tem želi PMA predvsem razviti tehnologijo, ki bo dovolj enostavna za integracijo in uporabo, s čimer bi pritegnili več proizvajalcev pametnih

naprav k uporabi takšne tehnologije [30]. Powermatove rešitve so v javnosti še vedno predstavljene pod imenom Duracell Powermat, najbolj znan produkt pa je polnilec, ki ga lahko priključimo v katerokoli pametno napravo. Za razliko od ovitkov je takšen dodatek v obliki kroga in deluje kot podaljšek naprave, zato na polnilec postavimo le ta dodatek naprave. Najpomembnejši podporniki so Powermat Technologies, AT&T, Starbucks, HTC, Huawei in Sharp [31].



Slika 5: Powerkiss obročki za brezžično polnjenje z različnimi konektorji za povezavo s pametno napravo [32].

4.4.3 Rezence

Tako kot PMA je tudi Alliance for Wireless Power ali krajše A4WP neodvisna organizacija, ki skrbi za razvoj brezžičnega polnjenja, sloni pa na standardu Rezence, ki je bolj specifikacija kot standard. Cilj organizacije je razviti in uporabiti standard Rezence v pametnih napravah in novejših tehnologijah, ki bi lahko uporabljale brezžično polnjenje. Vse skupaj se je pričelo leta 2006 na Floridi. Raziskovalci iz univerze na Floridi so namreč uspešno izdelali in testirali polnilec, ki lahko napolni pametne naprave brezžično. Resonanca na kratko pomeni nihanje, v tem primeru električne energije. Oddajna in prejemna tuljava delujeta na enaki frekvenci, magnetno polje med njima pa skrbi za prenos energije. Medtem ko pri indukciji vsa električna energija potuje naenkrat od oddajne do prejemne tuljave, resonanca lahko poskrbi za oddajanje različnih valovnih dolžin in frekvenc, prejemna tuljava pa lahko sprejme le željene signale. S tem se zmanjša količina odvečne energije in posledično toplote. Pri indukciji zaradi krajše razdalje med tuljavama ne more priti do resonance zato sta tuljavi prisiljeni oddajati pri različnih frekvencah. Sama resonanca ima tako velik vpliv na razvoj standarda Rezence, vendar še zdaleč ni glavna prednost standarda Rezence. Glavni pobudnik je bil Ryan Tseng, ki je pravzaprav izdelal raziskavo na to temo, kasneje pa tudi ustanovil

podjetje WiPower. Njihova prednost je bila predvsem v zagotavljanju večje učinkovitosti prenosa, saj so z razvojem svojega oddajnika dosegli manjšo izgubo energije pri prenosu kot drugi pred njimi. Seveda bo pred dejansko realizacijo in uporabo potrebno še veliko dela, kot naprimer izdelava dovolj majhnega oddajnika. Največji problem na začetku razvoja je predstavljala standardizacija, saj takrat proizvajalci pametnih naprav še niso razmišljali v tej smeri in bi bili tako polnilci teoretično neuporabni [33]. Leta 2010 je Qualcomm, eden od vodilnih proizvajalcev v svetu telekomunikacij, kupil podjetje in tako napovedal boj s standardom Qi [34]. Dve leti kasneje je nastopila največja sprememba, ki je pomenila veliko konkurenco obstoječemu standardu Qi. Samsung, Qualcomm, ter nekaj ostalih podjetij, med njimi Powermat, SK Telecom, Gill Industries, so ustanovili Alliance for Wireless Power (A4WP). S standardizacijo je tako brezžično polnjenje dobilo tehnologijo, ki bo narekovala tempo v prihodnosti. Prednosti te tehnologije je več, opisane bodo v nadaljevanju. Leto kasneje se je pridružilo še eno podjetje, ki poganja večino današnjih računalnikov in tudi pametnih naprav, Intel [31]. Kot vidimo, večina proizvajalcev podpira več standardov, Samsung celo vse tri [35].

4.4.4 PMA in A4WP

V letošnjem letu sta se organizaciji PMA in A4WP odločili za spremembo, ki bo pomagala pri standardizaciji brezžičnega polnjenja. Z združitvijo bo nastala organizacija, ki bo neposreden tekmelec standardu Qi. Če bi se v prihodnosti pridružil še standard Qi, bi lahko poskrbel za uniformnost brezžičnega polnjenja. Tri organizacije imajo tri nekompatibilne standarde in različne podpornike, kar pomeni, da v svetu brezžičnega polnjenja vlada nekakšno razdeljevanje na tabore, kar pa ne pripomore k izboljšanju popularnosti in razvoja brezžičnega polnjenja. Če imamo telefon, ki ima integrirano vezje s podporo PMA čipa, ga tako ne moremo polniti na polnilcu s podporo Qi standarda. To pa je velik problem pri zagotavljanju brezžičnega polnjenja vedno in povsod. Če se vrnemo k združitvi, PMA in A4WP načrtujeta dokončno združitev do konca leta 2015 ter tudi predstavitev novega imena organizacije. Nov standard bo združeval najboljše iz obeh, s tem pa želita organizaciji pridobiti nemalo proizvajalcev, ki še ne verjamejo v razširjenost te tehnologije in tako še vedno čakajo z implementacijo standardov v njihove izdelke [36].

4.4.5 Prednosti in slabosti A4WP, Qi ter PMA

Organizacija A4WP je kot prva pričela z uporabo magnetne resonance za brezžično polnjenje. Standard prinaša veliko prednosti proti Qi in PMA standardu. Predstavljene bodo prednosti A4WP standarda, ki predstavljajo ravno slabosti trenutnih PMA in Qi

standardov.

- Več svobode pri polnjenju:

Elektromagnetno indukcijsko polnjenje zahteva postavitev naprave neposredno nad tuljavo v oddajniku. Ker je tuljava vgrajena tako v napravo kot polnilca moramo napravo poravnati s polnilcem in jo pustiti na polnilcu za časa polnjenja. Standard Rezence pa popolnoma spremeni to izkušnjo. S pomočjo novejših tehnologij magnetne resonance naprave ni potrebno več postaviti neposredno nad tuljavo v oddajniku, temveč je lahko postavljena kjerkoli v neposredni bližini polnilca. Napravo lahko odložimo zraven polnilca ali pa jo vmes tudi uporabljamo. To odpira nove možnosti, ki jih bodo v prihodnosti najverjetneje še razširi.

- Polnjenje več naprav hkrati:

Qi standard komunikacija poteka tako, da prejemnik pošilja signale oddajniku in tako oddajnik uravnava moč polnjenja ter ga prekine, ko je naprava napolnjena. Zaradi te omejitve lahko polnilca komunicira le z eno napravo hkrati. Če imamo več naprav, je brezžično polnjenje torej brezpredmetno, raje uporabimo razdelilec in polnimo več naprav. Standard Rezence ima rešitev tudi za to. Ker komunikacija poteka preko že uveljavljenega Bluetooth standarda, tako imenovanega pametnega Bluetooth-a (ang. Smart Bluetooth) je možna tudi komunikacija z več napravami hkrati, kar pomeni polnjenje več naprav hkrati.

- Delovanje z vsakdanjimi predmeti:

Ena od slabosti elektromagnetne indukcijske tehnologije je tudi ta, da ne deluje v prisotnosti kovinskih predmetov, kot na primer ključev ali kovancev. Magnetno polje, ki ga ustvari oddajna tuljava namreč poišče najbližjo obliko tuljave preko katere se nato magnetno polje odbije nazaj. Takšna omejitev je seveda zelo nepraktična, posebej v pisarnah, kjer je takšnih predmetov ogromno. Standard Rezence se s takšnim problemom ne sooča, saj tehnologija magnetne resonance deluje tudi v prisotnosti kovinskih predmetov.

- Bluetooth komunikacija:

Komunikacija pri Qi standardu poteka s pošiljanjem signalov, kar zahteva prisotnost tuljave v vsaki napravi, ki želi komunicirati s polnilcem oziroma obratno. Standard Rezence s pomočjo Bluetooth tehnologije odpravlja tudi to dilemo. S tem se odpre veliko možnosti za nadzorovanje polnjenja, komunikacijo z drugimi sistemi ali pa samo za izboljšanje komunikacije polnilca z napravo. S tem postane brezžično polnjenje bolj praktično in dostopno [37].

Ena od slabosti A4WP standarda je predvsem ta, da je trenutno še v fazi razvoja in da je izdelava takšnega oddajnika dražja kot pri standardih Qi in organizacije PMA.

Vendar bo z združitvijo PMA in A4WP nastal verjetno nov standard, ki bo združeval prednosti obeh in tako poskrbel za prihodnost brezžičnega polnjenja.

4.5 Razlaga delovanja

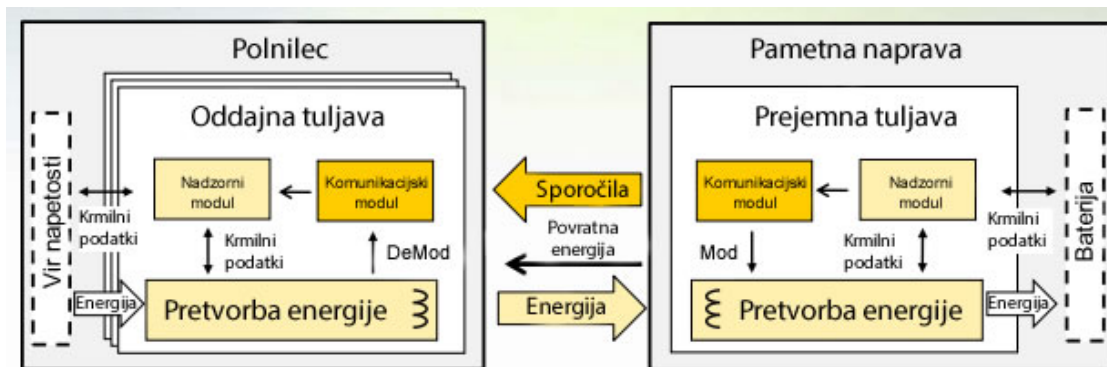
Princip brezžičnega polnjenja bo predstavljen s tehnologijo elektromagnetne indukcije, ki je trenutno najbolj razširjena tehnologija pri brezžičnih polnilcih. Poleg tega je elektromagnetna indukcija nekaj, kar bi morali poznati vsi, ki so obiskovali pouk fizike v osnovni ali kasneje srednji šoli. Za delovanje potrebujemo dve tuljavi, oddajno v polnilcu in sprejemno v napravi. Električni tok se preko oddajne tuljave generira v magnetno polje, ki ga sprejemna tuljava sprejme in pretvori v napetost, s katero polni baterijo. Takšno polnjenje zagotavlja do 5W moči, deluje pa na kratek doseg nekaj milimetrov. Opis bo razdeljen na tri dele, tj. opisa obeh tuljav ter komunikacijo med njima.

4.5.1 Sistem v polnilcu

Sistem v polnilcu vsebuje oddajno tuljavo in skrbi za dovod energije do naprave. Smer toka energije je vedno od oddajne tuljave k prejemni tuljavi. Tudi ta sistem je sestavljen iz treh komponent. Prva je seveda primarna tuljava, ki skrbi za prenos energije na prejemno tuljavo, druga je krmilna enota, ki nadzoruje delovanje in uravnava moč oddajanja tuljave, tretja komponenta je komunikacijski modul, ki skrbi za demoduliranje toka ali napetosti tuljave ter za zagotavljanje krmilnih podatkov s strani prejemne tuljave.

4.5.2 Sistem v napravi

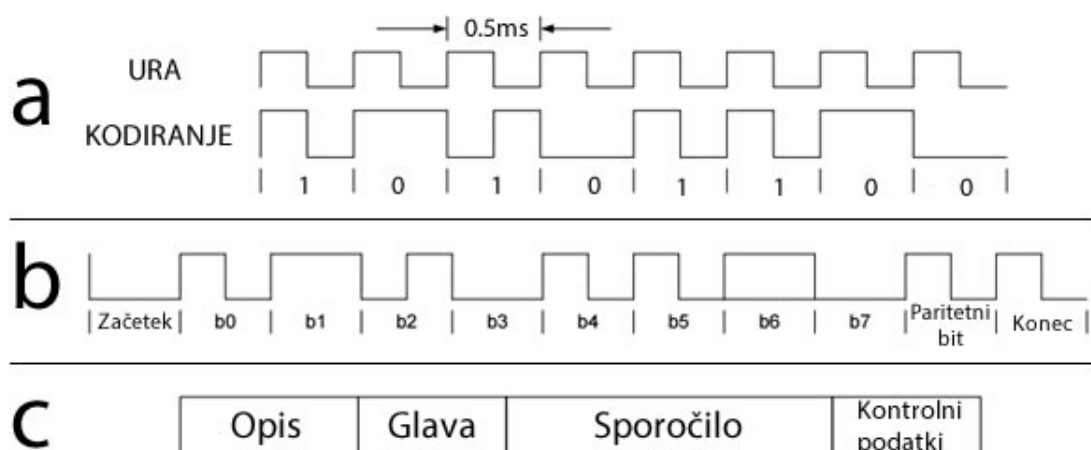
Sistem v napravi vsebuje prejemno tuljavo in skrbi za dovod energije do baterije ter za nadzor polnjenja. Kot pri sistemu v polnilcu so tudi tu enake tri komponente, vendar imajo nekoliko različne naloge. Primarna tuljava ima nalogo pretvorbe brezžičnega signala v električno energijo za napajanje baterije, krmilna enota skrbi za prilagajanje moči polnjenja in nadzor pretoka, komunikacijski modul pa pošilja sporočila oddajnemu sistemu in skrbi za modulacijo toka ali napetosti tuljave. Naprava edina lahko pošilja sporočila, medtem ko polnilec uporabi te podatke za nadzor oddajanja moči. Slika 6 prikazuje oba sistema v grafični podobi. Na levi strani je polnilec, na desni pa naprava.



Slika 6: Grafični prikaz sistemov za brezžično polnjenje pri standardu Qi. Na levi strani so prikazani moduli ter tuljava v polnilcu; na desni strani pa moduli ter tuljava v pametni napravi. Med obema sistemoma teče energija ter komunikacija, ki sta ponazorjeni s puščicami [38].

4.5.3 Komunikacija

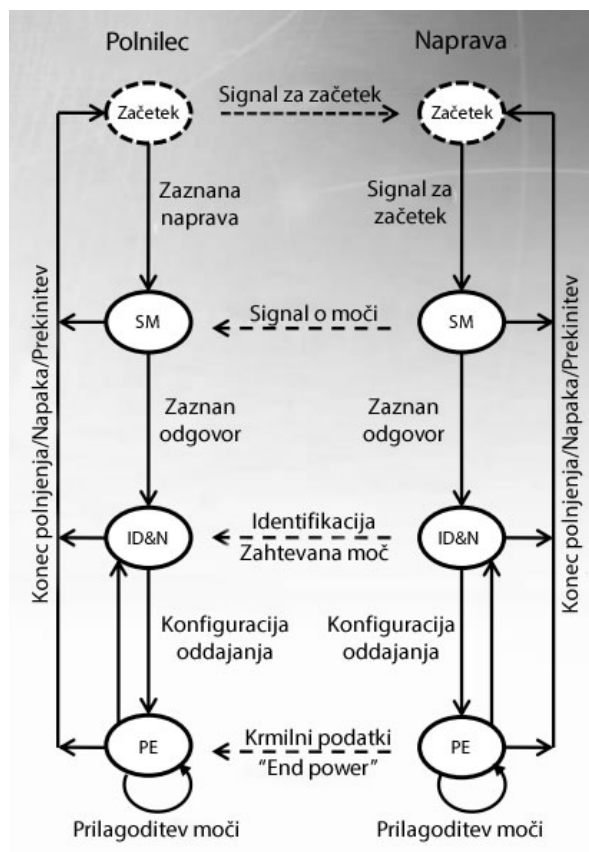
Komunikacija med polnilcem in napravo poteka s pomočjo električnega toka. Polnilce sprejema sporočila s pomočjo demodulacije povratne energije, naprava pa pošilja sporočila s pomočjo modulacije poslane energije s strani polnilca. Pri prenosu se uporablja amplitudna modulacija (ASK), hitrost prenosa pa je 2Kbit/s. Paket je sestavljen iz opisa (≥ 11 bit), glave (1 B – tip paketa in dolžina sporočila), sporočila (1 do 27 B – eno sporočilo na paket, dodatni krmilni podatki) in krmilnih podatkov (1 B). Za lažjo predstavbo je na sliki 7 vse skupaj prikazano v grafični obliki. Pod črko a je prikazano bi-fazno bitno kodiranje, pod črko b bajtno kodiranje in pod črko c sestava paketa.



Slika 7: Sestava in kodiranje sporočil v standardu Qi. Pod črko a je prikazano bi-fazno bitno kodiranje, pod črko b bajtno kodiranje in pod črko c sestava paketa [39].

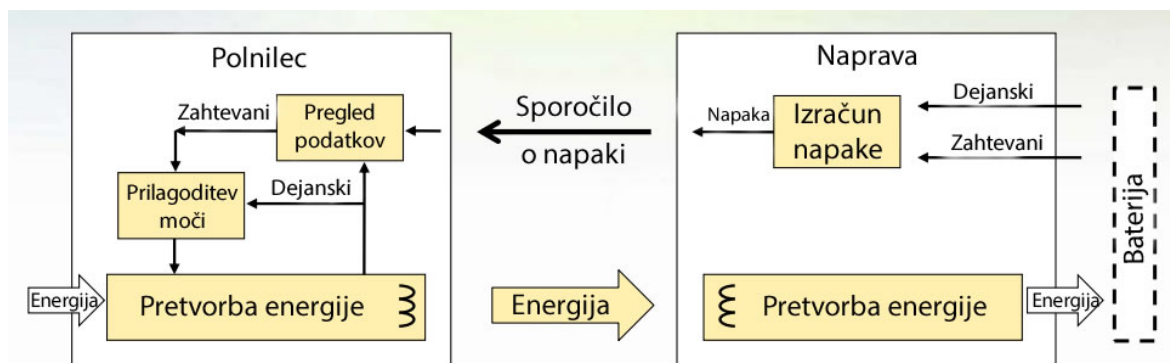
Potek komunikacije

Naloga polnilca pred polnjenjem je zaznanje naprave, ki jo želimo polniti. To stori tako da v določenih časovnih intervalih pošilja signale s katerimi bi zaznal napravo. Naloga naprave je čakanje na tak signal. Ko položimo napravo na polnilec in naprava prejme tak signal mora sporočiti polnilcu, da je na voljo. To stori s paketom, ki vsebuje podatke o moči oddajanja (ang. ping). Polnilec seveda čaka na odgovor in ko ga prejme, lahko nadaljuje s protokolom. Sledi faza identifikacije in konfiguracije v kateri prejemnik pošlje pakete v katerih sporoči zahtevano moč in identifikacijo naprave. Oddajnik tako pripravi vse potrebno za prenos energije in prične z oddajanjem. Naloga naprave med fazo prenosa je pošiljanje krmilnih podatkov s katerimi lahko zahteva zmanjšanje ali povečanje moči oddajanja. Paketi so poslani približno vsakih 250 milisekund med normalnim delovanjem in 32 milisekund med večjimi spremembami signala. Med normalnim delovanjem oddajnik pošlje pakete energije vsakih 5 sekund. Konec polnjenja naprava oznani s sporočilom za konec oddajanja (ang. end power message) ali pa prekinitvijo sporočanja za več kot 1,25 sekunde. Oba dogodka postavita polnilec v stanje pripravljenosti. Diagram komunikacije je prikazan na sliki 8.



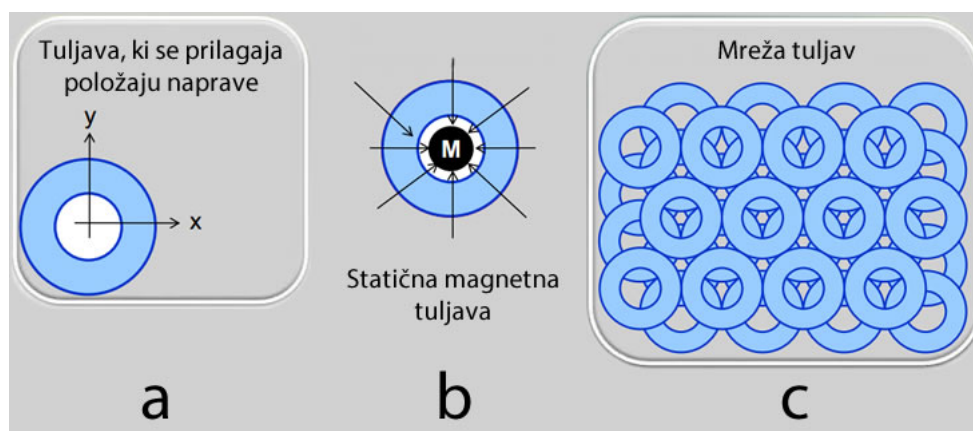
Slika 8: Diagram komunikacije polnilca (levo) in naprave (desno) pred in med brezžičnim polnjenjem. Legenda pojmov: SM - signal moči, ID - identifikacija, N - nadzor, PE - prenos energije [38].

Nekoliko drugače v ozadju poteka nadzor nad prenosom energije. Oddajnik določi kontrolno točko iz krmilnih sporočil ali dejanske kontrolne točke in prilagodi moč tako, da je razlika med zahtevano kontrolno točko in dejansko kontrolno točko enaka nič. Prejemnik prejme od baterije dejanske in zahtevane podatke o moči. Iz teh podatkov izračuna napako, ki je razlika med dejanskimi in zahtevanimi podatki. To nato pošlje oddajniku, ki najprej pregleda te podatke in izloči zahtevane podatke. Od tuljave prejme podatke o dejanskem oddajanju in jih nato prilagodi tako, da določi nično razliko med dejanskimi in zahtevanimi podatki. Sledi nov paket energije s prilagojeno močjo. Za lažjo predstavo je na sliki 9 predstavljen sistem [38].



Slika 9: Grafični prikaz sistema za komunikacijo v sistemu za brezžično polnjenje v polnilcu (levo) in napravi (desno). V obeh sistemih so prikazani moduli za uravnavanje moči polnjenja in komunikacijo, tuljava, ki skrbi za prenos energije ter puščice na sredini, ki ponazarjajo smer toka podatkov in energije [38].

Zadnja stvar, ki je mogoče še najpomembnejša pri tem standardu je delovanje tuljav. Tuljava v polnilcu je lahko statična, torej je na točno določenem mestu, ki je označeno tako, da uporabnik ve kam postaviti pametno napravo, deluje pa s pomočjo magnetne privlačnosti-torej nekako povleče napravo v pravilno lego. Drugi način je premikajoča se tuljava, ki se prilagodi napravi na polnilcu. To pomeni, da lahko napravo odložimo kamorkoli na polnillec, tuljava v polnilcu pa se bo ustrezno premaknila in zagotovila ustrezno parjenje. Zadnji način deluje na principu vse ali nič in uporablja mrežo tuljav, ki se prekrivajo in tako zagotavljajo pokrivnost po celem polnilcu. Na tak način lahko napravo odložimo kamorkoli na polnillec in polnjenje se lahko prične. Za lažjo predstavo so vsi trije načini predstavljeni na sliki 10.

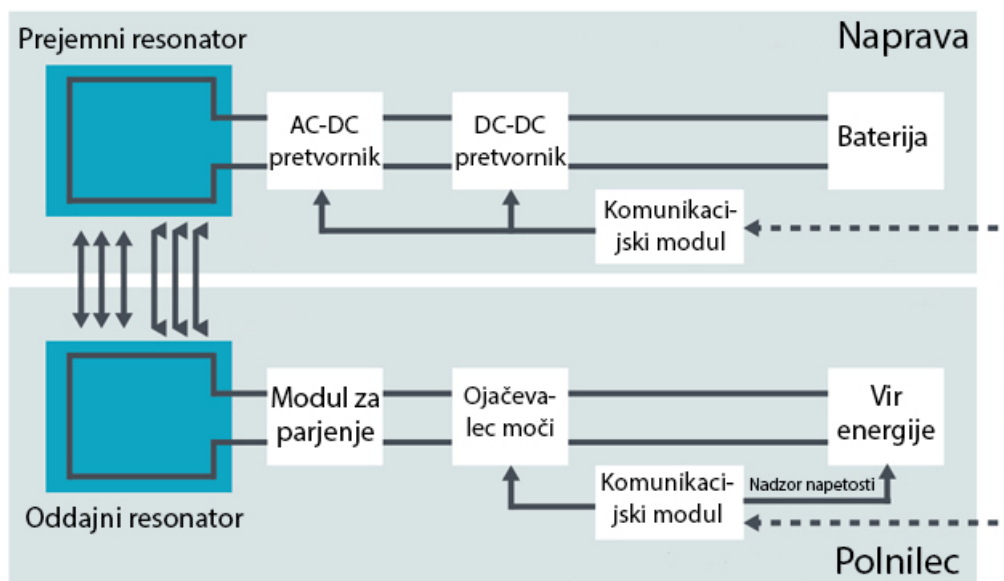


Slika 10: Prikaz različnih modelov tuljav v polnilcu je pod črko a tuljava, ki se prilagaja položaju naprave, pod črko b statična magnetna tuljava in pod črko c mreža tuljav [38].

4.5.4 Delovanje standarda Rezence

Standard Rezence je trenutno še v fazi razvoja in testiranja, vendar so že nakazane smernice delovanja in prikaz sistema, ki je opisan spodaj. Tudi sama združitev A4WP in PMA bo verjetno prinesla kakšno spremembo v specifikaciji samega standarda Rezence in njegovega delovanja. Tako lahko opišem samo trenutno stanje za primerjavo s standardom Qi.

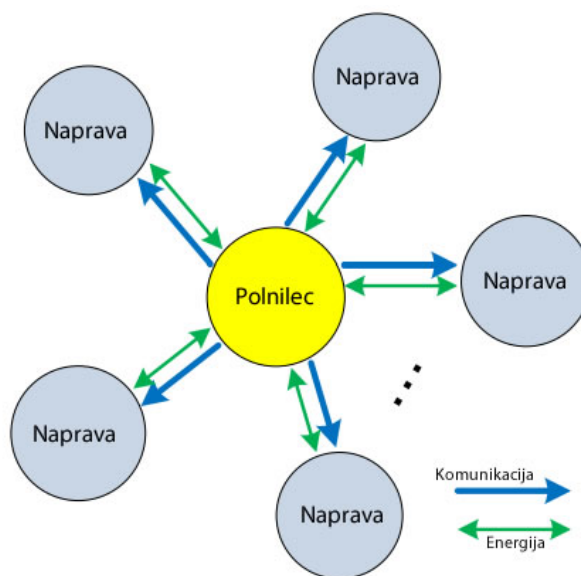
Sistem standarda Rezence, prenaša energijo iz posameznega oddajnika (ang. PTU-power transmitter unit) na enega ali več prejemnikov (ang. PRU-power receiver unit). Frekvenca oddajanja je 6,78 MHz, pri čemer se lahko naenkrat polni do osem naprav, odvisno od moči in geometrije oddajnika. Povezava nizko energijskega Bluetootha (ang. Bluetooth low energy) služi za komunikacijo, krmiljenje moči oddajanja, identifikacijo podprtih naprav ter zaščito nekompatibilnih naprav. Na sliki 11 vidimo prikaz sistema standarda Rezence.



Slika 11: Sistem standarda Rezence [40].

Prejemni sistem (naprava) vsebuje tri glavne enote, tj. resonator, pretvornik energije ter komunikacijski modul. V polnilnem sistemu (polnilec) pa je dodan še modul za parjenje, ki skrbi za povezovanje z več napravami hkrati. Krmilni in komunikacijski protokol v omrežju je half-duplex (tj. prenos, ki poteka v obe smeri vendar le v

eno ob istem času) in služi za zagotavljanje učinkovitosti, zaščito pred prenapetostjo, podnapetostjo in zaznavo napak. Topologija, ki je uporabljena v omrežju, je zvezda (tj. en glavni oddajnik in več prejemnikov), kjer je polnilec gospodar (ang. master), naprave pa sužnji (ang. slave), kar je prikazano tudi na sliki 12. Polnjenje poteka tako, da si polnilec in naprava izmenjata podatke o kompatibilnosti in moči oddajanja, nato pa polnjenje poteka enako kot pri Qi standardu, le da je energija prenesena preko magnetne resonance.



Slika 12: Topologija zvezda v omrežju sistema standarda Rezenca. Na sredini je polnilec, ki je v tem primeru gospodar in okoli naprave, ki služijo kot sužnji. Komunikacija in prenos energije sta prikazani s pomočjo puščic [40].

5 PRIMERI UPORABE

5.1 Hoteli

Brezžičnost lahko poenostavi izkušnjo v hotelu in jo poljubno personalizira. Veliko enostavnejša postane prijava in odjava, sobe pa se lahko bolj prilagodijo gostom. Na primer: gost postavi napravo na brezžični polnilec v sobi, polnilec pošlje fotografije iz naprave na pametne okvirje za slike po sobi in tako poskrbi za bolj domače vzdušje. Naprave so s pomočjo brezžičnega polnilca vedno napolnjene, lahko predvajajo glasbo in video na televizor v sobi, se povežejo s HVAC sistemi ali pa z sobno strežbo. Naprave lahko celo komunicirajo s posteljo in mizo ter tako prilagodijo pohištvo osebnim potrebam. Tehnologija tudi odpravi konstantne posodobitve sobnih polnilcev in drugih žičnih povezav. Upravitelji hotela lahko uporabijo brezžičnost za doseganje množic. Več kot 50 milijonov potrošnikov že ima naprave, ki podpirajo standard Qi, kar zagotavlja široko bazo uporabnikov. Poleg tega brezžično polnjenje zagotavlja bolj osebno izkušnjo, ki pripomore k lojalnosti gostov v prihodnosti. Nova tehnologija bo s tem postavila hotele, ki bodo uporabljali takšno tehnologijo, na sam vrh tega področja. Poleg koristi za zadržanje gostov v prihodnosti obstajajo še druge prednosti takšne tehnologije: zajem podatkov ki privede do izboljšanja CRM sistema. S tem bodo hoteli pridobili dragocene podatke, na primer: kakšno hrano so gosti naročali v sobni strežbi, kakšno temperaturo so nastavili v sobi in tako lažje pripomogli k boljšemu počutju prihodnjih gostov.

5.2 Restavracije

Potrošniki imajo v današnjem času na izbiro ogromno restavracij. Povečana uporaba mobilnih naprav je spremenila tudi to navado. Vse več ljudi želi obiskati restavracije, ki sledijo tehnološkim trendom. Brezžično polnjenje ponuja to dodatno vrednost, ki lahko prepriča nekoga, da bo raje obiskal restavracijo s tako ponudbo, kot tisto brez. Poleg takšne prednosti za restavracijo, brezžičnost pomaga tudi gostom. Poenostavljeno je naročanje, plačilo in program lojalnosti. Nekatere vodilne družbe v svetu prehrane so že vpeljale takšne novosti v svoje restavracije. Takšna tehnologija zagotavlja tudi povratne informacije, ki pomagajo restavraciji pri razumevanju zahtev in

navad gostov. Takšni podatki so recimo, kako dolgo so gosti ostali za mizo, kaj so naročili, celo izražanje mnenja je poenostavljeno. Vse to pomaga k izboljšanju same izkušnje gostov v prihodnosti. Za restavracije brezžičnost lahko pomaga tudi izboljšati operativno učinkovitost saj stranke lahko naročijo pred prihodom, plačajo in imajo obrok pripravljen, ko prispejo. Naročanje in zahteve so seveda avtomatizirane. Gosti lahko uporabijo polnilce z zaslonom na dotik za naročanje, pregled sestavin in hranilnih vrednosti, plačilo in sporočanje mnenja.

5.3 Avtomobili

Brezžična tehnologija v avtomobilih je že dokazala svojo vrednost, predvsem Bluetooth se je uveljavil v večini današnjih avtomobilov. Z brezžičnim polnjenjem pa je odpravljena še zadnja fizična povezava naprav z avtomobilom. Naprava lahko zazna lokacijo, kjer smo jo povezali z brezžičnim polnilcem in se tako prilagodi okolju. Če zazna, da smo v avtomobilu, se tako lahko poveže prek NFC ali Bluetooth standarda in prične s predvajanjem glasbe, GPS vodenjem, ponudi kontakte oziroma kar si voznik poželi. Polnilno mesto zaščiti tudi telefon in poskrbi, da vozniku ni potrebno upravljati z njim. Kar potrebuje je na voljo prek glasovnih ukazov ali pa komand na volanu. Takšne možnosti so na voljo že sedaj, vendar proizvajalci tega še ne uporabljajo množično, saj prehitro izprazni baterijo. Brezžično polnjenje pa je zadnji kamen v mozaiku, ki lahko spremeni izkušnjo v avtomobilu. Po triletni študiji je komite CE4A sprejel odločitev, da je Qi standard priporočen za uporabo v avtomobilski industriji. V odboru so največje znamke kot naprimer Audi, BMW, Daimler, Porsche in Volkswagen. Odbor je ugotovil, da je Qi najbolj učinkovit, varen in uporaben standard, tako da lahko v naslednjem letu pričakujemo, da bo skoraj 80 odstotkov svetovnih avtomobilskih proizvajalcev pričelo ponujati Qi standard v njihovih avtomobilih. Glavna prednost Qi standarda pred A4WP je bila predvsem uveljavljenost na trgu in delujoča celota, ki že kaže rezultate. V prihodnosti bo svojo priložnost v avtomobilski industriji dočkal tudi A4WP, vendar trenutno še poteka testiranje in certifikacija samega standarda, zato še ni primeren za uporabo.

5.4 Pametni telefoni

Brez podpore za brezžično polnjenje v pametnih telefonih je tudi podpora v vseh ostalih področjih brezpredmetna. Pametni telefon je jedro uporabe te tehnologije. Glede na raziskave 83 odstotkov uporabnikov pametnih telefonov zanima brezžično polnjenje, prav tako pa jim ni težko dodati več denarja za zagotavljanje te tehnologije v telefonih. Trenutno je več kot 70 telefonov po svetu pripravljenih na uporabo z brezžičnimi

polnilci, kar je še vedno relativno malo. Večina brezžičnih sprejemnikov je na voljo kot dodatno ohišje za telefon ali pa v obliki kakšnega drugega dodatka, ki ga povežemo s telefonom. Medtem mobilni operaterji, kot recimo Verizon v ZDA, zagotavljajo Qi standard v njihovih telefonih, kar jim zagotavlja določene prednosti na trgu. Proizvajalci imajo tako možnost, da s pomočjo podpore brezžičnemu polnjenju svoj izdelek lažje in hitreje prodajo množicam, ki si takšne tehnologije želijo. Brezžično polnjenje pomaga pri večji neodvisnosti od polnilca, kar privede k manjši skrbi, kdaj bomo ostali brez energije na telefonu. Kot zanimivost največjih proizvajalcev na trgu, najnovejši Applov iPhone ne podpira brezžičnega polnjenja, medtem ko paradna konja podjetij Microsoft (pred prodajo telefoni podjetja Nokia) in Samsung že imata to možnost.

5.5 Letališča

Polnilci na letališčih niso novost, vendar se z novo tehnologijo brezžičnega polnjenja odpira še več možnosti. Polnilci so nameščeni v čakalnicah pred vrati (ang. gate) ter v restavracijah, kar odpravi iskanje AC vtičnic po celem letališču. Takšne nove postaje imajo več polnilnih mest za podprte naprave, ki se lahko polnijo brez kablov. Brezžično polnjenje tako pomaga pri krajšanju časa med čakanjem na nov let in izboljša izkušnjo samega polnjenja. Prav tako so polnilci nameščeni v nekaterih letalih, kar zagotavlja neomejeno energijo med samim letom. S tem se razširi uporaba podobno kot v avtomobilu, od predvajanja glasbe, spremljanja poteka leta in gledanja filmov.

5.6 Javna mesta

Eden od največjih problemov trenutne uporabe pametnih naprav je prav skrb, ali bo baterija preživela določeno obdobje, ko res potrebujemo to napravo. S tem v mislih nato ljudje varčujejo z baterijo in ne počnejo stvari, ki bi jih radi počeli na napravi, ker jim strah pred izpraznjeno baterijo in oddaljenostjo od domačega polnilca to preprečuje. Brezžično polnjenje pomaga reševati takšne zagate kjerkoli, od avtobusnih postajališč do nakupovalnih centrov. Brezžično polnjenje tako poskrbi, da ljudje lahko uporabljajo naprave brez strahu, da je ne bodo mogli napolniti.

5.7 Pisanje

V nekaterih vodilnih svetovnih podjetjih, kot naprimer Facebook, Google, Texas Instruments in Verizon, so razporedili brezžične polnilce po konferenčnih sobah, kjer potekajo sestanki. S pomočjo tega lahko zaposleni polnijo svoje naprave kjerkoli in

poskrbijo za nemoten potek sestanka, ki bi ga lahko povzročila prazna baterija. Poleg tega, da se minimalizira čas z iskanjem vtičnice in vlečenjem žic po pisarnah, brezžični polnilec poskrbi za enostaven prehod in namestitev, zraven pa še izboljša sam izgled prostora. Veliko novih pisarn omogoča tudi nadzor samega okolja s pomočjo aplikacij. Nadziranje osvetlitve ali interaktivnosti recimo, s pomočjo HVAC in AV sistemov, je eden od teh načinov [41].

5.8 Ikea

Švedski pohištveni gigant Ikea je kmalu opazil, da ljudi zanima brezžično polnjenje in tako ustvaril celotno linijo izdelkov za dom, ki podpirajo brezžično polnjenje. Poleg tega ponuja tudi module, ki jih preprosto lahko vgradimo v katerikoli del pohištva v našem stanovanju. Ker se zavedajo, da velika večina pametnih telefonov na trgu še ne podpira brezžičnega polnjenja, so v prodajo vključili tudi ovitke za pametne telefone s katerimi omogočimo to možnost [42].

6 PRIHODNOST

Združitev organizacij PMA in A4WP v letošnjem letu predstavlja pomemben korak za razvoj brezžičnega polnjenja v prihodnosti. Predvsem polnjenje s pomočjo magnetne resonance lahko povsem spremeni način brezžičnega polnjenja in poveča uporabnost ter posledično večjo podporo s strani proizvajalcev pametnih naprav. Največjo prednost verjetno predstavlja komunikacija, ki poteka preko standarda Bluetooth in tako omogoča komunikacijo z več napravami hkrati ter posledično polnjenje več naprav hkrati. Takšna tehnologija je trenutno še v razvoju, pričakovana predstavitev javnosti pa naj bi bila ob koncu leta 2015. S tem se odpira veliko vprašanj o prihodnosti brezžičnega polnjenja. Ideje kot naprimer WattUp in Ossia Cota želijo razširiti brezžično polnjenje na veliko večje razdalje, kot je trenutno mogoče. S tem bi lahko zagotovili polnjenje brez kakršne koli interakcije človeka s pametno napravo. Lahko bi samo vstopili v kavarno in telefon bi pričel s polnjenjem. Standard Rezence bi poskrbel za obvladovanje množice ljudi in komunikacijo z njihovimi napravami. Če bi takšne polnilne naprave namestili tudi v mesta, bi lahko v prihodnosti izkoristili funkcije naših naprav v polni moči in nam ne bi bilo potrebno skrbeti, kdaj bomo ostali brez energije v napravi [43]. Nekatere od mogočih rešitev z uporabo brezžičnega polnjenja v prihodnosti so: polnjenje pametne naprave samo z odlaganjem na sredinsko konzolo v avtomobilu, polnjenje pametne naprave v nakupovalnem vozičku, polnjenje električnih vozil med vožnjo z vgrajenimi polnilci na avtocestah ali križiščih, polnjenje kuhinjskih naprav z vgrajenimi polnilci v kuhinjskih pultih, polnjenje orodja med delom z odlaganjem na delovno mizo in še veliko drugih. Veliko idej je trenutno v razvoju in niso samo zamisli, pričakujemo pa lahko še veliko novosti s področja brezžičnega polnjenja [44], [45].

7 ZAKLJUČEK

Že od prvih izumov baterije so si ljudje prizadevali nekako shraniti energijo, ki bi jo lahko kasneje uporabili. Prve baterije so bile težke in celo nevarne za uporabo zaradi škodljivih spojin znotraj baterij. Kmalu je razvoj prišel tako daleč, da je vsakdo lahko kupil baterijo in z njo napajal na primer svetilke ter prve elektronske aparate. Vendar je bila takšna uporaba še vedno samo enkratna. Zato se je razvoj usmeril v razvijanje baterije, ki bi jo lahko ponovno napolnili. Tako je nastala sekundarna baterija, ki je služila prav temu namenu, torej ponovnemu polnjenju. Prve takšne baterije so se soočale s spominskimi problemi, ki so zmanjševale kapaciteto in življenjsko dobo baterij. Kasneje so na trg prišle nove tehnologije in dandanes že skoraj vsaka naprava uporablja baterijo. Težava pa je bila predvsem v uporabi navadnih baterij v novejših napravah. Polnjenje je moralo potekati pod nadzorom, zato je kmalu nastala pametna baterija. Le-ta je poskrbela za nadzor nad močjo in ustavitvijo polnjenja, ko je bila baterija napolnjena. Vrh žičnega polnjenja verjetno predstavlja USB-C standard, ki bo nekako standardiziral vse polnilce in poskrbel za nekoliko lažje žično polnjenje kjerkoli se bo uporabnik nahajal. Vendar takšen standard prinaša svoja tveganja. Žična tehnologija polnjenja je prisotna še dandanes, vendar je s tehnološkim napredkom in vse večjim opuščanjem žičnih sistemov prišla želja po brezžičnem polnjenju. Vse to je bilo mogoče zaradi elektromagnetne indukcije, katere razvoj sega že daleč v zgodovino. Z implementacijo brezžičnega polnjenja v pametne naprave se je spremenila sama izkušnja polnjenja ter odprlo mnogo možnosti za razvoj v prihodnosti. Trenutno so na trgu trije standardi, ki so med seboj nekompatibilni, vendar sta dva od teh z združitvijo naredila korak k standardizaciji polnjenja. S tem bi lahko končno polnili vse naprave z enakim polnilcem in celo brezžično. Uporaba brezžičnega polnjenja je že dokaj razširjena predvsem v Združenih Državah Amerike, kjer različna podjetja ponujajo možnost brezžičnega polnjenja v svojih restavracijah in hotelih. Uporaba se bo verjetno še razširila in s tem dokončno izpodrinila žice. Brezžično polnjenje bo definitivno prevladalo v prihodnosti pri polnjenju pametnih naprav. Glede na slabosti polnjenja z elektromagnetno indukcijo bo polnjenje z magnetno resonanco spremenilo svet brezžičnega polnjenja ter prepričalo več proizvajalcev, da podprejo brezžično polnjenje v svojih napravah. S tem bo tudi več prostora za napredek in verjetno bomo v prihodnosti pričali takšni tehnologiji, ki bo omogočala nenehno polnjenje naše naprave.

V začetnem poglavju je bila opisana zgodovina razvoja in polnjenja baterij, sledilo pa je poglavje o žičnem polnjenju, ki je še vedno primarni način polnjenja večine naprav. Podrobno je bilo predstavljeno delovanje pametnega polnilca in različni načini žičnega polnjenja. Sledilo je glavno poglavje o brezžičnem polnjenju, v katerem sem predstavil tri glavne standarde na trgu in njihove prednosti ter slabosti. Opisano je bilo tudi delovanje brezžičnega polnjenja s pomočjo najbolj razširjene tehnologije elektromagnetne indukcije. Na koncu so bili predstavljeni še praktični primeri uporabe brezžičnega polnjenja.

8 LITERATURA IN VIRI

- [1] W. Rosch, Batteries: History, Present, and Future of Battery Technology, <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,1155265,00.asp>, 2001 (*Citirano na strani 5.*)
- [2] The history of the battery - Portable rechargeable batteries (secondary batteries), <http://www.baj.or.jp/e/knowledge/history03.html>, 2015 (*Citirano na strani 6.*)
- [3] Duracell inc., Intel Corporation, Smart battery documentation, 1995 (*Citirano na straneh VIII, 9 in 12.*)
- [4] Different types of laptop power adapters explained, <http://www.ebay.co.uk/gds/Different-Types-of-Laptop-Power-Adapters-Explained-/10000000177329873/g.html>, 2014 (*Citirano na straneh 12 in 13.*)
- [5] J. S. Domingo, What Is USB-C? An Explainer, <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2478121,00.asp>, 2015 (*Citirano na strani 13.*)
- [6] L. Edwards, USB Type-C is here: Faster charging, quicker data, smaller mobiles and the death of AC laptop chargers, <http://www.pocket-lint.com/news/130338-usb-type-c-is-here-faster-charging-quicker-data-smaller-mobiles-and-the-death-of-ac-laptop-chargers>, 2015 (*Citirano na strani 13.*)
- [7] S. Hollister, Lenovo Yoga 3 Pro Review: A Futuristic Laptop That Lags Behind, <http://gizmodo.com/lenovo-yoga-3-pro-review-a-futuristic-laptop-that-lags-1668217125>, 2014 (*Citirano na strani 13.*)
- [8] A. Piltch, USB Type-C FAQ: Everything You Need to Know, <http://blog.laptopmag.com/usb-type-c-faq>, 2015 (*Citirano na straneh VIII in 14.*)
- [9] M. Aguilar, The NSA Is Going to Love These USB-C Charging Cables, <http://gizmodo.com/he-nsa-is-going-to-love-these-usb-c-charging-cables-1691781672>, 2015 (*Citirano na strani 14.*)

-
- [10] D. Lechnyr, Types of Batteries, <http://www.tldp.org/HOWTO/Battery-Powered/battery.html>, 2003 (*Citirano na strani 15.*)
- [11] Types of Batteries, <http://www.ebay.com/gds/A-Basic-Guide-to-Laptop-Batteries-for-Tech-Novices-/10000000177629396/g.html>, 2014 (*Citirano na strani 16.*)
- [12] J. Herrman, Giz Explains: Why Every Country Has a Different Plug, <http://gizmodo.com/5391271/giz-explains-why-every-country-has-a-different-fing-plug>, 2009 (*Citirano na strani 16.*)
- [13] J. Mahoney, Intel Says They've Taken A Huge Leap in Wireless Power Tech, <http://gizmodo.com/5039871/intel-says-theyve-taken-a-huge-leap-in-wireless-power-tech>, 2008 (*Citirano na strani 16.*)
- [14] Plug & socket types, <http://www.worldstandards.eu/electricity/plugs-and-sockets/>, 2015 (*Citirano na straneh VIII, 17 in 18.*)
- [15] Jay, Cell Phone Battery History, <http://chargegetech.com/cell-phone-battery-history/>, 2012 (*Citirano na strani 19.*)
- [16] The chargers battle, <http://www.methodshop.com/wp-content/uploads/chargers-evolution-infographic1.jpg>, 2015 (*Citirano na strani 19.*)
- [17] J. Lendino, How USB charging works, or how to avoid blowing up your smartphone, <http://www.extremetech.com/computing/115251-how-usb-charging-works-or-how-to-avoid-blowing-up-your-smartphone>, 2015 (*Citirano na strani 20.*)
- [18] S. Hexus, Tech Explained - Power Bank Technology, <http://hexus.net/tech/tech-explained/peripherals/62413-tech-explained-power-bank-technology/>, 2013 (*Citirano na strani 20.*)
- [19] M. Pinola, Asus Ai Charger Quickly Charges Your iPhone or iPad Over a Regular USB Port, <http://lifehacker.com/5993609/asus-ai-charger-quickly-charges-your-iphone-or-ipad-over-a-regular-usb-port>, 2013 (*Citirano na strani 20.*)
- [20] M. Hunt, Now we're chargin' with gas: ASUS Ai Charger, <http://scotchtape.ductwhisky.com/2012/09/now-were-chargin-with-gas-asus-ai.html>, 2012 (*Citirano na strani 20.*)
- [21] ChargeDr USB Charge Booster, <http://www.digitalinnovations.com/products/chargedr-usb-charge-booster/>, 2015 (*Citirano na strani 21.*)

- [22] Charging without Wires, http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_without_wires, 2015 (*Citirano na straneh VII, 24 in 25.*)
- [23] R. Maxwell, An introduction to the Wireless Power Consortium standard and TI's compliant solutions, http://www.phonearena.com/news/Wireless-charging-standards-Qi-Powermat-A4WP-what-does-it-all-mean-and-who-will-prevail_id57371, 2014 (*Citirano na strani 25.*)
- [24] WPC member list, <http://www.wirelesspowerconsortium.com/member-list/>, 2015 (*Citirano na strani 25.*)
- [25] Magnetic Resonance and Magnetic Induction - What is the best choice for my application?, <http://www.wirelesspowerconsortium.com/technology/magnetic-resonance-and-magnetic-induction-making-the-right-choice-for-your-application.html>, 2015 (*Citirano na straneh VIII in 26.*)
- [26] R. Triggs, PMA vs WPC and the future of wireless charging, <http://www.androidauthority.com/pma-vs-wpc-wireless-charging-601871/>, 2015 (*Citirano na straneh VIII in 26.*)
- [27] C. Woodyard, GM-Powermat deal turns cars into cordless chargers, http://usatoday30.usatoday.com/money/autos/2011-01-06-gmelectronics06_ST_N.htm, 2011 (*Citirano na strani 26.*)
- [28] B. Gilbert, Boston-area Starbucks testing wireless smartphone charging; Starbucks, Google and AT&T back PMA standard, <http://www.engadget.com/2012/10/29/pma-starbucks-google-att/>, 2012 (*Citirano na strani 26.*)
- [29] Z. Honig, Powermat acquires PowerKiss, plans European wireless charging rollout, http://www.engadget.com/2013/05/21/powermat-acquires-powerkiss/?utm_medium=feed&utm_source=Feed_Classic&utm_campaign=Engadget, 2013 (*Citirano na strani 26.*)
- [30] D. Clark, New Hook-Up Aims to Boost Wireless Charging, <http://blogs.wsj.com/digits/2014/01/16/new-hook-up-aims-to-boost-wireless-charging/>, 2014 (*Citirano na strani 27.*)
- [31] S. Shankland, Intel joins A4WP, a newcomer to wireless power standards, <http://www.cnet.com/news/intel-joins-a4wp-a-newcomer-to-wireless-power-standards/>, 2013 (*Citirano na straneh 27 in 28.*)
- [32] M. John-Anyaehe, McDonald Restaurants In Europe Are Testing PowerKiss Wireless Charging Tables, <http://techmymoney.com/2013/02/25/mcdonald->

restaurants-in-europe-are-testing-powerkiss-wireless-charging-tables-2/, 2013 (*Citirano na straneh VIII in 27.*)

- [33] A. Hoover, UF engineers: Wireless charger provides efficient cord-free charging, <http://news.ufl.edu/archive/2007/12/uf-engineers-wireless-charger-provides-efficient-cord-free-charging.html>, 2007 (*Citirano na strani 28.*)
- [34] B. Ray, Qualcomm poised to zap wireless charging rival into dust, <http://www.theregister.co.uk/2012/02/29/wipower/>, 2012 (*Citirano na strani 28.*)
- [35] R. Maxwell, Wireless charging standards, Qi, Powermat, A4WP, what does it all mean and who will prevail?, http://www.phonearena.com/news/Wireless-charging-standards-Qi-Powermat-A4WP-what-does-it-all-mean-and-who-will-prevail_id57371, 2014 (*Citirano na strani 28.*)
- [36] R. Cheng, Key wireless charging groups A4WP, PMA agree to merge, <http://www.cnet.com/news/key-wireless-charging-groups-a4wp-pma-agree-to-merge/>, 2015 (*Citirano na strani 28.*)
- [37] Alliance for Wireless Power, Meet Rezence, <http://www.rezence.com/technology/meet-rezence>, 2015 (*Citirano na strani 29.*)
- [38] Wireless Power Consortium, Qi - how it works, <http://www.wirelesspowerconsortium.com/technology/how-it-works.html>, 2015 (*Citirano na straneh VIII, 31, 33 in 34.*)
- [39] Xiang Gao, Demodulating Communication Signals of Qi-Compliant Low-Power Wireless Charger Using MC56F8006 DSC, http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/app_note/AN4701.pdf, 2013 (*Citirano na straneh VIII in 32.*)
- [40] Alliance for Wireless Power, Rezence technical specification, <http://www.rezence.com/technology/technical-specification>, 2015 (*Citirano na straneh IX, 35 in 36.*)
- [41] Wireless Power Consortium, Use of wireless charging, <http://www.wirelesspowerconsortium.com/markets/>, 2015 (*Citirano na strani 40.*)
- [42] A. C. Estes, IKEA Just Made It Crazy Easy To Add Wireless Charging To Your Furniture, <http://gizmodo.com/ikea-just-made-it-crazy-easy-to-add-wireless-charging-t-1698047498>, 2015 (*Citirano na strani 40.*)

- [43] R. Triggs, PMA vs WPC and the future of wireless charging, <http://www.androidauthority.com/pma-vs-wpc-wireless-charging-601871/>, 2015 (*Citirano na strani 41.*)
- [44] M. Silbey, Why wireless charging is bigger than you think, <http://www.zdnet.com/article/why-wireless-charging-is-bigger-than-you-think/>, 2013 (*Citirano na strani 41.*)
- [45] R. Cheng, Wireless charging still has strings attached, http://news.cnet.com/8301-1035_3-57575906-94/wireless-charging-still-has-strings-attached/, 2013 (*Citirano na strani 41.*)