

Analýza bezdrátové nabíječky od společnosti BOSCH

Pracoviště: Regionální inovační centrum elektrotechniky
Číslo dokumentu: XXXXX – XXX – XXXX
Typ zprávy: Výzkumná zpráva
Řešitelé: Miroslav Tyrpekl, Pavel Turjanica, Vladimír Kindl, Libor Poláček, Martin Zavřel
Vedoucí projektu: Pavel Turjanica
Počet stran: 21
Datum vydání: 11. 11. 2021
Oborové zařazení: 2.2 Electrical engineering, Electronic engineering, Information engineering - Electrical and electronic engineering

Zadavatel / zákazník:

Zpracovatel / dodavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Regionální inovační centrum
elektrotechniky
Univerzitní 8
306 14 Plzeň

Kontaktní osoba:

Miroslav Tyrpekl
tel. 603 358 032
tyrpekl@fel.zcu.cz

Tato zpráva vznikla s podporou TAČR TREND FW01010238

Anotace

Tato výzkumná zpráva se zabývá analýzou bezdrátové nabíječky od společnosti BOSCH. Nabíječka byla důkladně rozebrána a otestována. Hlavním důvodem této zprávy byla inspirace a prozkoumání konkurenčního produktu.

Klíčová slova

Nabíječka, přijímač, rezonanční obvod, cívka, kondenzátor, mikrokontrolér, tranzistor, budič, zesilovač

Název zprávy v anglickém jazyce / Report title

Analysis of wirelwss charger manufacture by BOSCH

Anotace v anglickém jazyce / Abstract

This research report analyses wireless charger made by company BOSCH. Charger was thoroughly disassembled and tested. Main reason for this report was inspiration and research of competitor.

Klíčová slova v anglickém jazyce / Keywords

Charger, receiver, resonance circuit, coil, capacitor, microcontroller, transistor, driver, amplifier

Seznam zkratk

LED Light Emitting Diode. (Elektroluminiscenční dioda)

PWM Pulse Width Modulation (pulzně šířková modulace)

BMS..... Battery Management System. (Systém pro řízení akumulátorů)

Obsah

1	ÚVOD	5
2	POPIS NABÍJEČKY	6
2.1	POUŽITÉ SOUČÁSTKY	7
2.1.1	<i>Měření L</i>	7
2.1.2	<i>Indukčnost cívky</i>	8
2.1.3	<i>Kondenzátor</i>	8
2.1.4	<i>Výkonové tranzistory</i>	9
2.1.5	<i>Mikrokontrolér</i>	9
2.1.6	<i>Budič IRS2186</i>	9
2.2	FOTKY VYSÍLAČE	10
3	POPIS PŘIJÍMAČE	11
3.1	POUŽITÉ SOUČÁSTKY	12
3.1.1	<i>Měření L a C</i>	12
3.1.2	<i>Cívka</i>	12
3.1.3	<i>Kondenzátory</i>	13
3.1.4	<i>Mikrokontrolér</i>	13
3.1.5	<i>TEA1795</i>	13
3.2	FOTKY PŘIJÍMAČE	14
4	POPIS BMS SYSTÉMU	15
4.1	FOTKY BMS SYSTÉMU	16
5	VÝPOČET	16
6	MĚŘENÍ	17
7	TESTOVÁNÍ REZONANČNÍHO OBVODU	19
8	ZÁVĚR	20

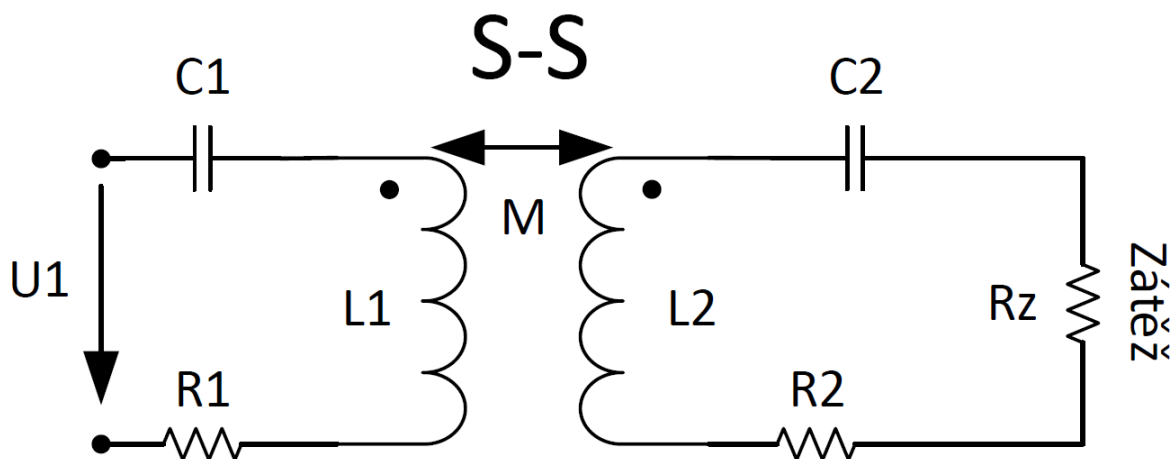
1 Úvod

Tato analýza se zabývá rozбором bezdrátové nabíječky od společnosti *BOSCH* typu *GAL 1830W*. Nabíječka se používá pro nabíjení *Aku-nářadí* v různých hodnotách kapacit akumulátorů. Dále disponuje výkonem $P = 80 \text{ W}$, který je uveden na štítku. Stručný popis je uveden v tabulce *Tabulka I*. Uvedené hodnoty jsou převzaty z katalogového listu od společnosti *BOSCH*. [1]

Tabulka I: Stručný popis BOSCH nabíječky

Typ	U_BAT	Napětí pro nabíjení	Použité kapacity BAT	Výkon	I_NAB	Cena za nabíječku
GAL 1830W	18 V	10.8 až 18 V	2, 2.5, 4, 6 Ah	80 W	3 A	2 920 Kč

Systém využívá rezonanční obvod *S-S*, nebo-li *serio-seriové* zapojení *L* a *C*. Jak je uvedeno na *Obrázek I*. Toto zapojení je nejběžněji používané. Jeho výhodou je velká účinnost, malá závislost na zátěži a například velký přenášený výkon. Zapojení *serio-sériové* je proudovým zdrojem, který se dobře hodí pro nabíjení akumulátorů. V dokumentu jsou uvedeny názvy *Nabíječka* (primární strana) a *Přijímač* (sekundární strana).



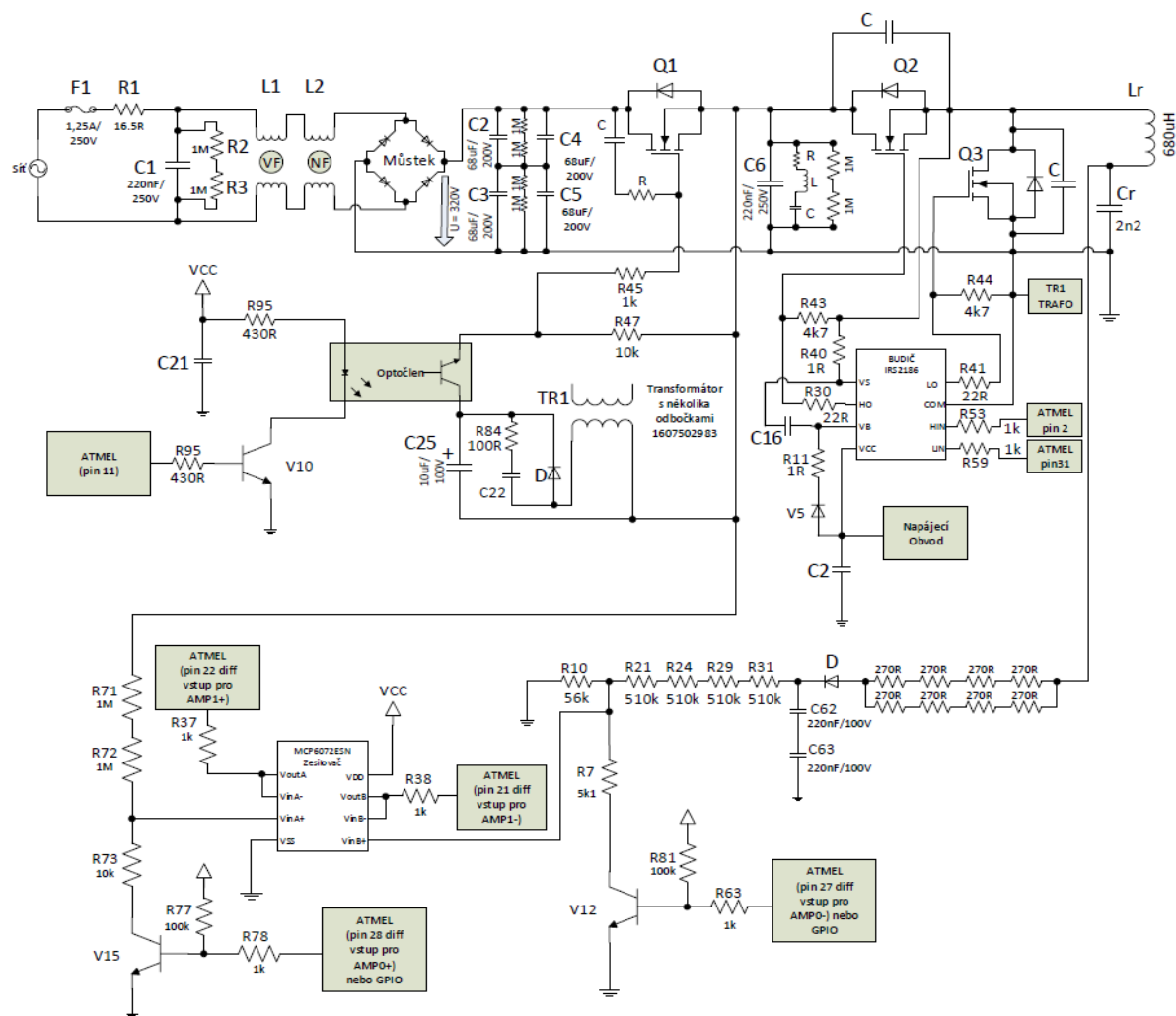
Obrázek I: Zapojení serio-seriového rezonančního obvodu

2 Popis nabíječky

Nabíječka využívá pro přenos bezdrátové energie střídavé síťové napětí, které je posléze usměrněno a znovu převedeno na střídavé pomocí *PWM* modulace. Systém je postaven na dvou-vrstvé desce a součástky jsou osazeny z obou stran. Jednotka disponuje signalizací pomocí *LED* diod, které ukazují stav nabití nebo poruchu. O ovládání *LED* diod se stará hradlové pole typu *74HC6950*.

Bohužel se nepovedlo rozklíčovat všechny komponenty, které jsou použity v systému. Firma si dobře střeží svoje *KNOW-HOW* a proto u klíčových komponent zbrousili pouzdra. Proto nebylo dobře patrné, přesný typy použitých součástek. To se především nepovedlo u mikrokontroléru *ATMEL*, kde není patrné přesné označení. Proto také v popisku níže je jenom zmínka o mikrokontroléru.

Základní schéma je ukázáno na *Obrázek II*. Nabíječka využívá pro svoji funkčnost napětí sítě, které je přes pojistku, před-nabíjecí prvek *R1* a přes filtry na nízké a vysoké frekvence (cívky *L1* a *L2*) usměrněno pomocí greatzovo můstku. Usměrněné napětí dosahuje hodnoty $U = 320\text{ V}$, které je filtrováno pomocí čtveřice kondenzátorů. V obvodu je zapojen výkonový tranzistor *Q1*, který se stará o bezpečnost. Když by došlo k poruše, tranzistor se vypne a ochrání obvod, který je zapojen na něm. Ovládání toho to prvku je pomocí optronu. Jelikož je tranzistor typu *N-mosfet* je potřeba pro sepnutí mít vyšší napětí než je na jeho vstupu. To je řešeno pomocí transformátoru označené jako *TR1*. Celý proces funguje tak, že se napětí z transformátoru přičte k celkovému napětí. Optron je ovládán pomocí mikrokontroléru. Za tranzistorem *Q1* je kondenzátor *C6*, vybíjecí rezistory a filtr řešen pomocí *RLC* prvků. Dále v obvodu je dvojice tranzistorů *Q2* a *Q3*, které jsou pomocí budiče *IRS2186* spínané a řeší tak půlmůstek. Budič slouží k proudovému a napětovému zesílení signálu z mikrokontroléru. Dále budič zamezuje překrytí spínání tranzistorů, aby nedošlo k poškození systému. Takzvaně nedovolí sepnout zároveň tranzistor *Q2* a *Q3*. Poslední důležitou částí obvodu je měření pro zpětnou vazbu k spínání tranzistorů. K tomu je použit dvou kanálový operační zesilovač, který slouží jako impedanční přizpůsobení. Měření napětí se provádí na dvou místech, kde obě napětí (přes operační zesilovač) jsou přivedeny na diferenciální vstup mikrokontroléru *Atmel*. Mikrokontrolér si signály od napětí přizpůsobuje pomocí dvou tranzistorů *VP15* a *VP12* a mění tak výsledné napětí. Můžou tak řešit autokalibraci měření. Poslední část systému tvoří různé snubbery, filtry a vybíjecí rezistory, pro dobrý chod systému.



Obrázek II: Základní schéma zapojení nabíječky

2.1 Použité součástky

V této kapitole jsou stručně popsány hlavní součástky pro bezdrátový přenos.

2.1.1 Měření L

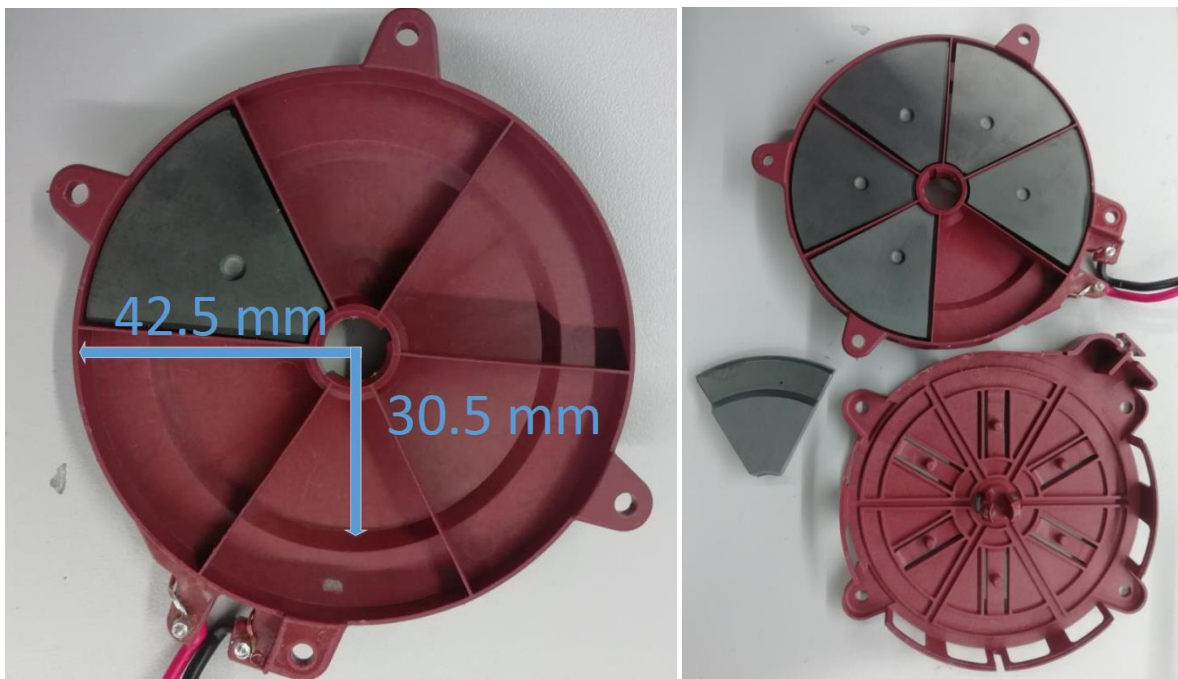
- 1) Cívka byla odpojena od obvodu
- 2) Poté se měřila indukčnost na rezonanční cívce

Tabulka II: Hodnoty L změřené pomocí LCR metru na nabíječce

frekvence	indukčnost	Z (L)	R (L)	Z (LC)	R (LC)
100 Hz	727 μH	2,122 Ω	2,072 Ω	692 k Ω	50 k Ω
1 kHz	709 μH	4,942 Ω	2,136 Ω	69,9 k Ω	1,2 k Ω
10 kHz	694 μH	43,64 Ω	2,55 Ω	6,99 k Ω	30 Ω
100 kHz	685 μH	428 Ω	8,2 Ω	267 Ω	2 Ω

2.1.2 Indukčnost cívky

Indukčnost cívky bylo nutné změřit pomocí *LCR metru* typu *U1733C*. Na základě měření byla sestavena *Tabulka II*. Cívka byla dále rozebrána, jak je ukázáno na *Obrázek III*. Poté bylo na cívce spočteno počet drátů (*16 drátů*) a počet závitů (*60 závitů*). Údaje jsou orientační, nedá se přesně určit přesný počet. Musela by se cívka úplně rozebrat a odmotat. Na *Obrázek III* je dále ukázáno stínění a rozměr uložení cívky, která je navinuta na *12 mm*.



Obrázek III: Fotografie rozebrané cívky pro nabíječku

2.1.3 Kondenzátor

Kondenzátor v obvodu u nabíječky nebylo nutné měřit přes *LCR metr*, protože hodnota šla rovnou přečíst na pouzdru kondenzátoru, jak je vidět na *Obrázek IV*. Kapacita kondenzátoru je $C = 2,2 \text{ nF}$. Kondenzátor je od společnosti *KEMET* typu *PHE448*. [2]



Obrázek IV: Fotografie rezonančního kondenzátoru na primární straně

2.1.4 Výkonové tranzistory

Tranzistory použité v obvodu jsou typu *STP28NM50N*. V obvodu jsou tři, z toho dva jsou ovládané přes budič a starají se o přenos energie. Poslední tranzistor se stará o bezpečnost systému. Všechny tři výkonové tranzistory jsou typu *N-mosfet*. Jejich základní vlastnosti jsou [3]:

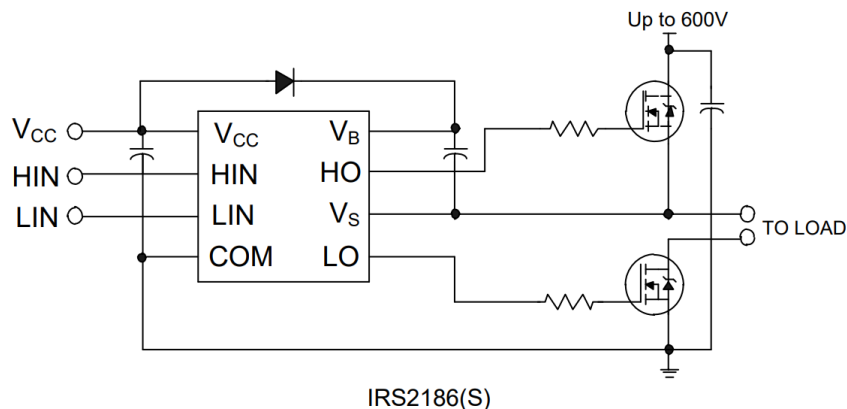
- a) $U_{DS} = 500\text{ V}$
- b) $I_D = 21\text{ A}$
- c) $R_{DS_ON} = 158\text{ m}\Omega$
- d) $U_{GS} = \pm 25\text{ V}$
- e) $U_{GS_TH} = 4\text{ V}$
- f) $t_{d(on)} = 13,6\text{ ns}$
- g) $t_{d(off)} = 62\text{ ns}$
- h) $t_r = 19\text{ ns}$
- i) $t_f = 52\text{ ns}$
- j) $P_D = 90\text{ W}$
- k) Součástka je v pouzdře *TO-220-3*

2.1.5 Mikrokontrolér

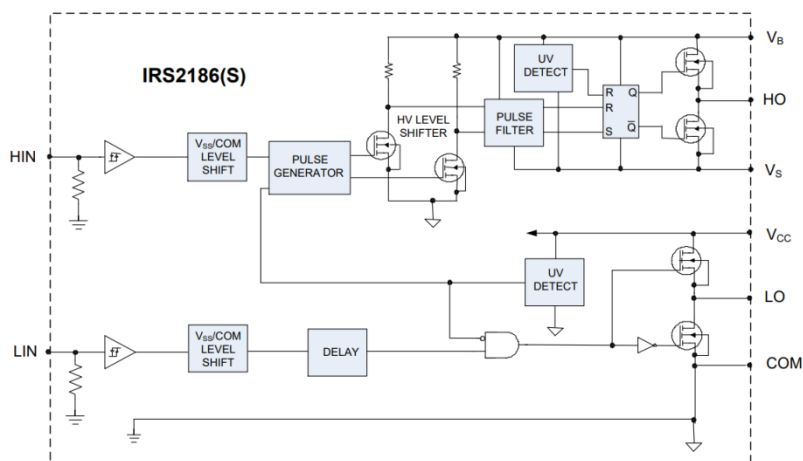
Nabíječka využívá mikrokontrolér od společnosti *ATMEL* typu *90PWM3E*. Bohužel se nepovedlo rozklíčovat všechny znaky použité na pouzdře. Mikrokontrolér se stará o bezpečnost obvodu, spínání výkonových tranzistorů přes budič nebo optočlen a měření napětí pro zpětnou vazbu. [4]

2.1.6 Budič IRS2186

Výkonové tranzistory v obvodu pro spínání jsou na vyšším napětí, než zvládne mikrokontrolér, je nutné použít budič, který slouží pro spínání na vyšším napětí. Dále budič slouží k proudovému a napěťovému posílení. Na *Obrázek V* a *Obrázek VI* je znázorněno zapojení budiče. [5]



Obrázek V: Vnější zapojení budiče IRS2186



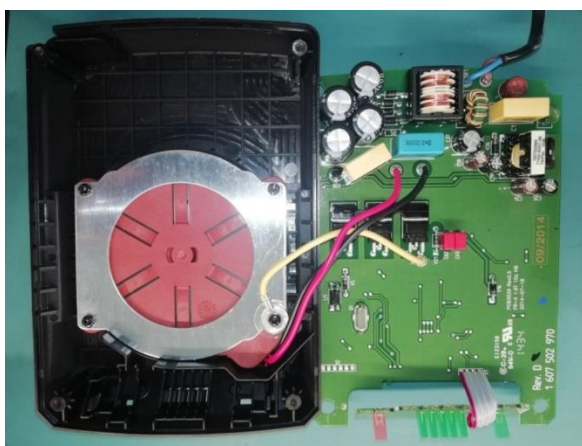
Obrázek VI: Vnitřní zapojení budiče IRS2186

2.2 Fotky vysílače

Nabíječka od společnosti *BOSCH* byla rozebrána a vyfocena. Fotky jsou na *Obrázek VII*, kde je pohled zdola a *Obrázek VIII*, kde je znázorněn pohled ze shora.



Obrázek VII: Nabíječka pohled zezdola



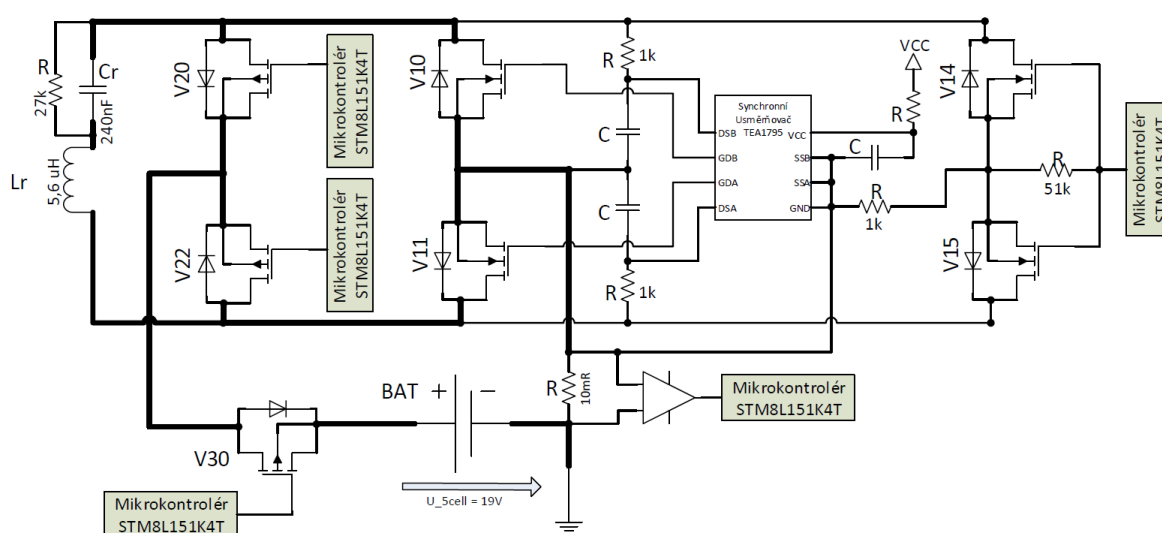
Obrázek VIII: Nabíječka pohled shora

3 Popis přijímače

Přijímač od společnosti *BOSCH* využívá v systému čtyři důležité součástky pro bezdrátový přenos. První dvě součástky jsou nedílnou součástí bezdrátového přenosu energie, tedy cívka L a kondenzátor C . Další součástkou v obvodu je *TEA1795*, která pomocí *PWM* signálu řídí dvojici tranzistorů, které jsou zapojeny do půlmůstku. Poslední součástka je mikrokontrolér typu *STM8L151K4T*, od společnosti *STMicroelectronics*. Tato součástka se stará o druhý půlmůstek, řízení systému a o *LOW-Power* režimy. Tedy uspává a probouzí jednotku. Bližší popis součástek je uvedeno níže v podkapitolách. Na *Obrázek IX* je vyobrazeno pouze hlavní část obvodu, která se stará o nabíjení akumulátorů.

Při testování přijímače (testování probíhalo v rozebraném stavu, tedy bez plastového krytu) bylo potřeba mít cívku pro přenos vypodloženou, aby byla okolo 5 mm nad nabíjecí stanicí. Další podmínkou, která musela být splněna je cívku mít na přesně definovaném místě, jinak se indikuje porucha. Z toho je vidět, že nabíječka má nějakou zpětnou vazbu o tom, zda je cívka na správném místě.

Na *Obrázek IX* je popis hlavní části obvodu. Tranzistory označené jako *V10* a *V11* jsou ovládané pomocí obvodu *TEA1795*, který slouží jako synchronní usměrňovač. Tranzistory *V20* a *V22* spínají zase kladný pól a jsou ovládané pomocí mikrokontroléru. To znamená, že tranzistory *V10*, *V11*, *V20* a *V22* tvoří takzvaný *H-můstek*. Tranzistor *V30* je použit z důvodu bezpečnosti, zajišťuje že akumulátory jsou vždy napájeny (přes diodu v *Mosfet* tranzistoru), ale vybití akumulátorů je odpínatelné, aby nedošlo k úplnému vybití *Aku-packu*. Tranzistory *V14* a *V15* jsou zde použity kvůli vyzkratování rezonančního obvodu. Tyto tranzistory mohou určovat zda se přijímač nachází na správném místě, tedy dávají zpětnou vazbu vysílači (primární straně). Dále v obvodu je rezistor o hodnotě $R = 10\text{ m}\Omega$, na kterém se měří úbytek napětí, který odpovídá proudu dodaným do akumulátoru.



Obrázek IX: Hlavní obvod pro nabíjení akumulátorů

3.1 Použité součástky

V této kapitole jsou stručně popsány hlavní součástky pro bezdrátový přenos.

3.1.1 Měření L a C

Měření se provádělo pomocí *LCR metrem* typu *U1733C*. Na základě měření byla sestavena *Tabulka III*.

Postup práce:

- 3) Cívka byla odpojena od obvodu
- 4) Nejdříve se měřila indukčnost na rezonanční cívce
- 5) Poté se měřila kapacita na rezonančním kondenzátoru

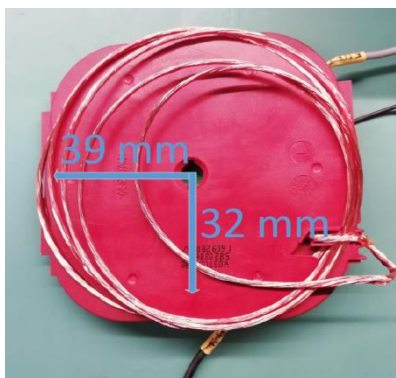
Tabulka III: Hodnoty L a C změřené pomocí LCR metru na přijímači

frekvence	indukčnost	kapacita	Z (L)	R (L)	Z (LC)	R (LC)
100 Hz	5,8 μ H	248 nF	50,6 m Ω	50,5 m Ω	6,6 k Ω	1,63 k Ω
1 kHz	5,88 μ H	233 nF	63,3 m Ω	51,3 m Ω	681 Ω	18 Ω
10 kHz	5,64 μ H	233 nF	360 m Ω	60 m Ω	68 Ω	250 m Ω
100 kHz	5,45 μ H	236 nF	3,43 Ω	25 m Ω	3,35 Ω	53 m Ω

Hodnota uvedená v *Tabulka III* označená žlutou barvou, neodpovídá předpokladu, že odpor indukčnosti s rostoucí frekvencí roste. Měření bylo provedeno opakovaně a vždy vyšla podobná hodnota. Chyba, která nastala je nejspíše způsobena *LCR metrem*, který na této frekvenci špatně měří.

3.1.2 Cívka

Indukčnost cívky bylo nutné změřit pomocí *LCR metru* typu *U1733C*. Na základě měření byla sestavena *Tabulka III*. Cívka byla dále rozebrána, jak je ukázáno na *Obrázek X*. Poté bylo na cívce spočteno počet drátů (90 drátů) a počet závitů (5 závitů). Údaj o počtu drátu je pro velký počet, kde bylo obtížné dráty spočítat přibližný (± 5 drátů). Rozměr uložení navinuté cívky je 7 mm.



Obrázek X: Rozebraná cívka na přijímači

3.1.3 Kondenzátory

Výsledná kapacita (*Tabulka III*) je sestavena z pěti kondenzátorů, které jsou zapojeny všechny paralelně (*Obrázek XI*). Použití více kondenzátorů může být proto, aby se snížila jejich parazitní rezistivita. Kondenzátory jsou v pouzdře 1206.



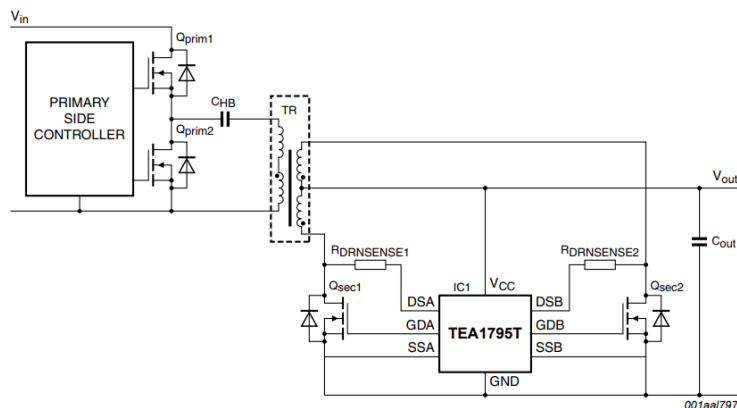
Obrázek XI: Fotografie rezonančních kondenzátorů na sekundární straně

3.1.4 Mikrokontrolér

Použitý mikrokontrolér *STM8L151K4T* je od společnosti *STMicroelectronics*. Tento typ se používá na *Low Power* systémy (to značí *L* v názvu součástky). Umí několik režimů uspání, aby šetřil energii z akumulátorů. Mikrokontrolér se stará o celý běh systému, tedy slouží ke spínání tranzistorů, k indikaci stavu akumulátoru, k měření napětí, proudu a k bezpečnosti. [6]

3.1.5 TEA1795

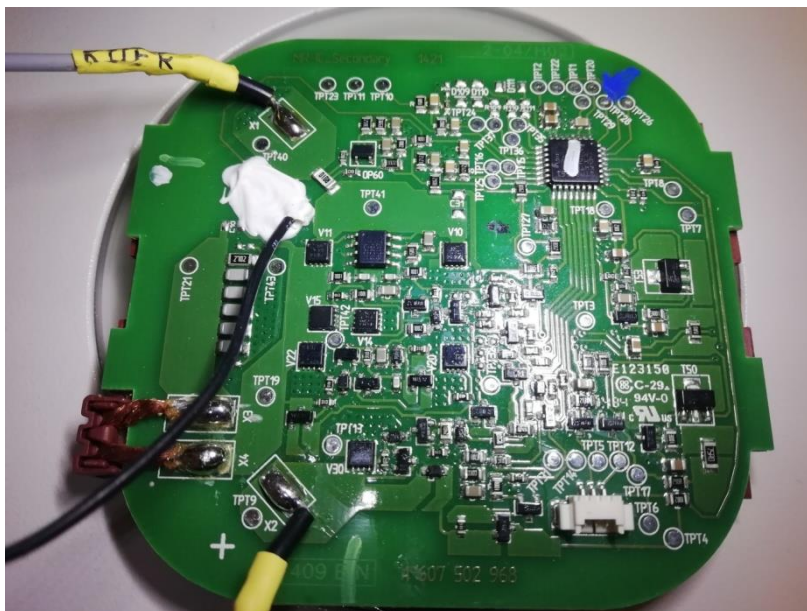
Obvod *TEA1795* slouží jako synchronní usměrňovač a používá se pro sekundární stranu. Integrovaný obvod a jeho zapojení v obvodu je na *Obrázek XII*. Využívá dvou tranzistorů, které slouží pro synchronní usměrnění a dvou rezistorů pro zpětnou vazbu. [7]



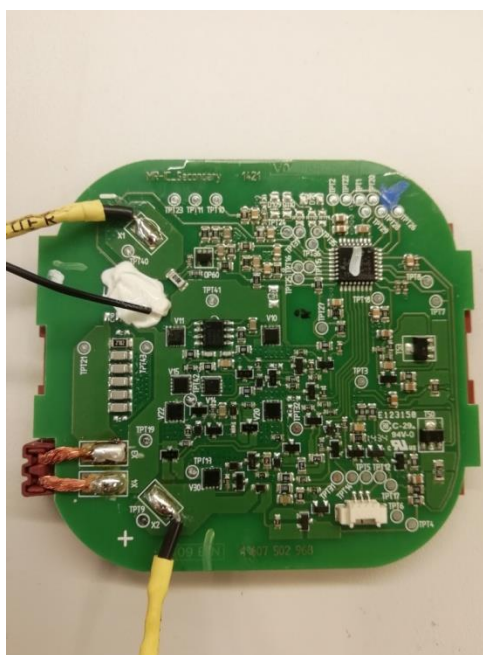
Obrázek XII: Zapojení obvodu TEA1795

3.2 Fotky přijímače

Přijímač od společnosti BOSCH byl rozebrán a vyfocen. Fotky jsou na *Obrázek XIII*, *Obrázek XVI*, kde jsou pohledy na přijímač.



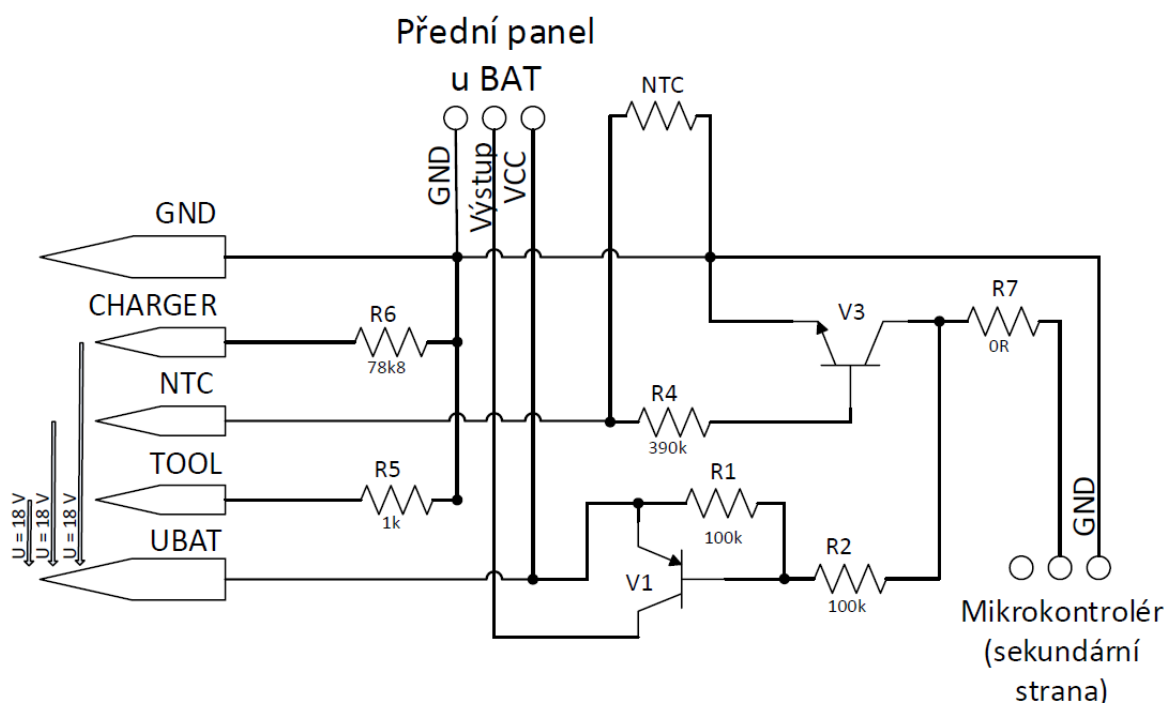
Obrázek XIII: První fotka přijímače



Obrázek XIV: Druhá fotka přijímače

4 Popis BMS systému

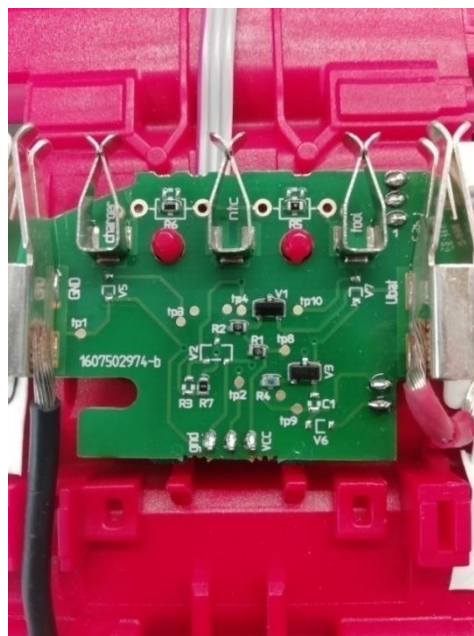
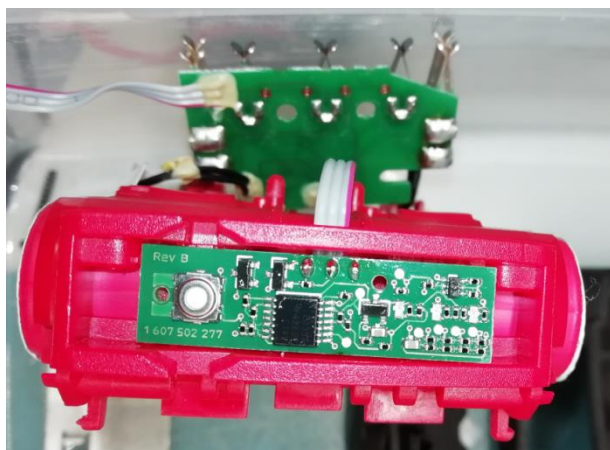
Akumulátory mají pro svoji delší životnost jednotku nazvanou *BMS*, která se stará o to aby se akumulátorové baterie pohybovaly v rozmezí bezpečného napětí. Systém se dělí na dvě jednotky z toho ta první se stará o spojení s *Aku*-nářadím a druhá jednotka indikuje stav akumulátoru. Systém *BMS* v tomto uspořádání neřeší jednotlivé akumulátory (nevyrovnává jednotlivé články), ale řeší celek. To znamená, že systém disponuje celkovým napětí všech článků použitých v systému. Toto řešení není moc dobré s ohledem na jednotlivé články, které se časem mezi sebou rozjíždí. Takto použité *BMS* (Obrázek XV) řeší, aby se celkové napětí pohybovalo v daných mezích. Dalším úkolem je hlídání teploty akumulátorů. Jednotka je spojena s mikrokontrolérem, do kterého se posílá pouze informace „běží“ nebo „porucha“. Jednotka umístěna na čelním panelu (Obrázek XVI fotka vlevo) má na sobě analogový komparátor. Pomocí tohoto komparátoru jednotka informuje uživatele o stavu akumulátoru, kde při podržení tlačítka se zjistí (na třech LED diodách) stav nabití.



Obrázek XV: Zapojení BMS systému

4.1 Fotky BMS systému

BMS jednotka od společnosti BOSCH byla rozebrána a vyfocena. Fotky jsou na Obrázek XVI, kde vlevo je jednotka pro indikaci stavu akumulátoru a fotografie vpravo je BMS systém, který je umístěn na pouzdru akumulátoru.



Obrázek XVI: Fotky BMS systému

5 Výpočet

Pro výpočet rezonanční frekvence se využívá takzvaný Thomsonův vztah. Pro výpočet a ověření frekvence byla zanedbána vzájemná indukčnost značená M . Frekvence na primární a sekundární straně by se měla rovnat, ale vlivem měření a zjednodušení výpočtu je vidět odchylka frekvencí. Proto je výpočet pouze orientační.

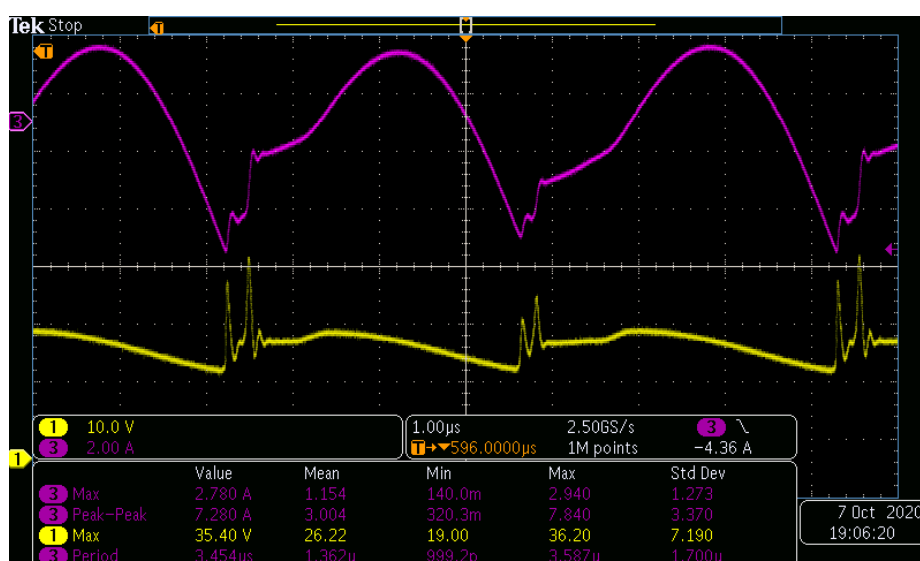
$$f_{\text{Primar}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad \text{a} \quad f_{\text{Sekundar}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 \pm M) C_1}}$$

$$f_{\text{Primar}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{680 \cdot 10^{-6} \cdot 2,2 \cdot 10^{-9}}} \quad \text{a} \quad f_{\text{Sekundar}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{5,6 \cdot 10^{-6} \cdot 240 \cdot 10^{-9}}}$$

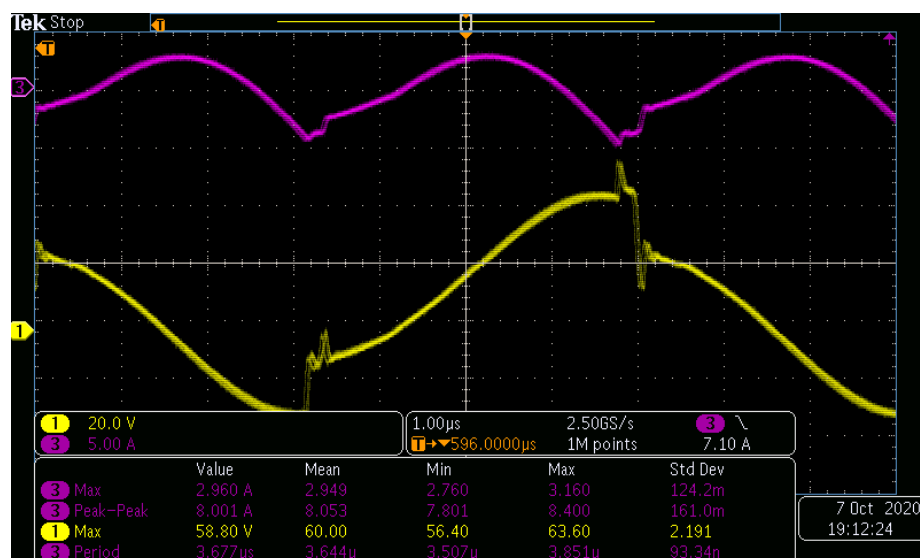
$$f_{\text{Primar}} = 130 \text{ kHz} \quad \text{a} \quad f_{\text{Sekundar}} = 137 \text{ kHz}$$

6 Měření

Měření se provádělo pomocí osciloskopu. První měření se provádělo na přijímači, kde se měřily tři veličiny (napětí, proud a frekvence). Na *Obrázek XVII* je měření na akumulátoru. Červená barva značí proud tekoucí do akumulátorů, žlutá barva ukazuje napětí na akumulátoru. Další měření na *Obrázek XVIII* je na rezonanční cívce, kde červená barva je stále na stejném místě (proud do akumulátoru), žlutá barva je napětí na rezonanční cívce. Poslední *Obrázek XIX* ukazuje měření na rezonančním kondenzátoru. Opět červená barva je proud do akumulátoru a žlutá je napětí na kondenzátoru. Měření napětí se provádělo vždy proti zemi. Z měření je vidět proud dodávaný do akumulátoru $I_{RMS} = 2,5 \div 3 \text{ A}$. Napětí na akumulátoru, které dosahuje $U_{max} = 34 \text{ V}$. Rezonanční frekvence obvodu je okolo $f = 140 \text{ kHz}$, ale na sekundární straně se objevuje dvojnásobná frekvence $f = 290 \text{ kHz}$, to je vlivem synchronního usměrňovače, o který se stará TEA1795 a mikrokontrolér.



Obrázek XVII: Měření na akumulátoru



Obrázek XVIII: Měření na rezonanční cívce

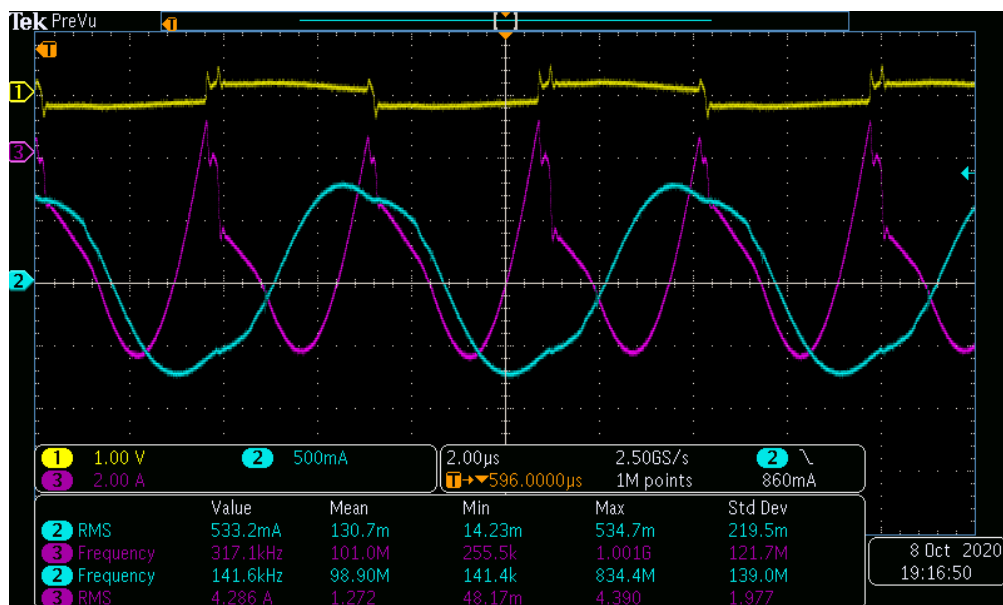


Obrázek XIX: Měření na rezonančním kondenzátoru

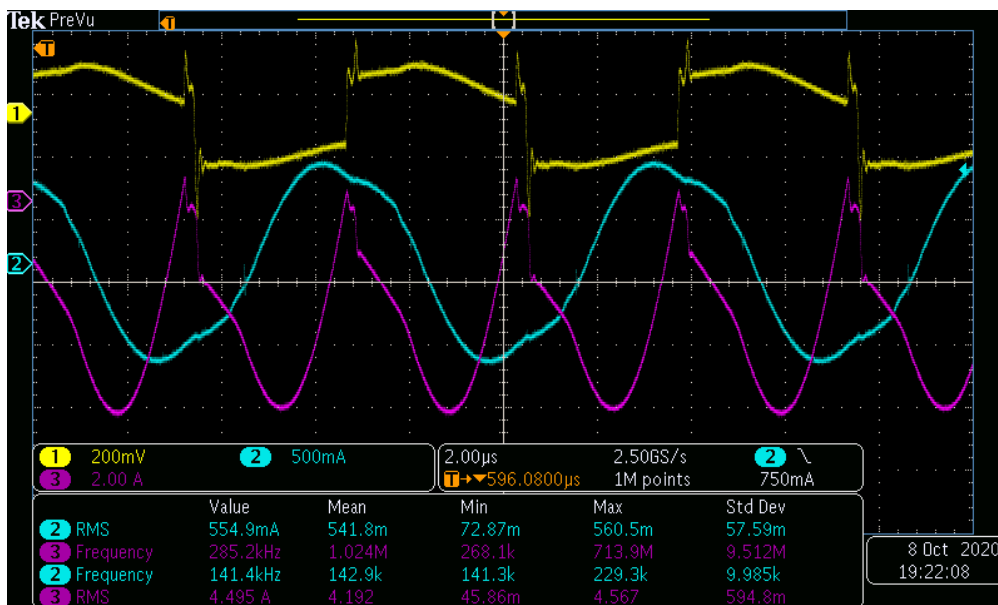
Další měření bylo provedeno na nabíječce. Měření se provádělo pro dva druhy stavu akumulátoru. Pro skoro vybitý *Obrázek XX* a pro skoro nabitý *Obrázek XXI* akumulátor. Je to z důvodu, aby se zjistila frekvence pro bezdrátový přenos.

Na obrázku je *žlutá* barva, která měří napětí na rezonanční cívce pro akumulátor. *Modrá* barva značí proud, který teče do rezonančního obvodu L_r a C_r na nabíječce. *Červená* barva značí proud, který teče do akumulátoru.

Z obrázků je patrná frekvence, která se liší pro nabitý a vybitý akumulátor. Dále se frekvence liší na primární a sekundární straně rezonančního obvodu. To bylo odůvodněno výše (synchronní usměrňovač).



Obrázek XX: Měření na vybitém akumulátoru

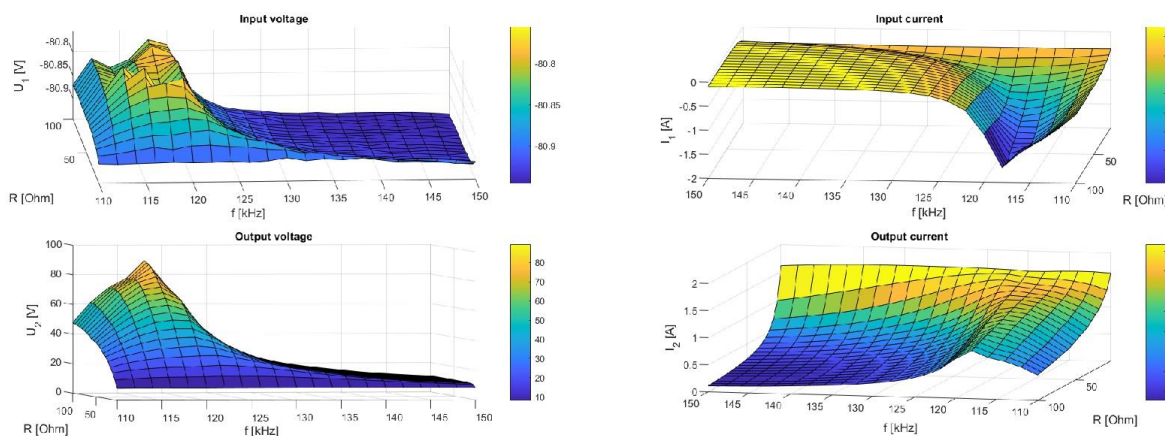


Obrázek XXI: Měření na nabitém akumulátoru

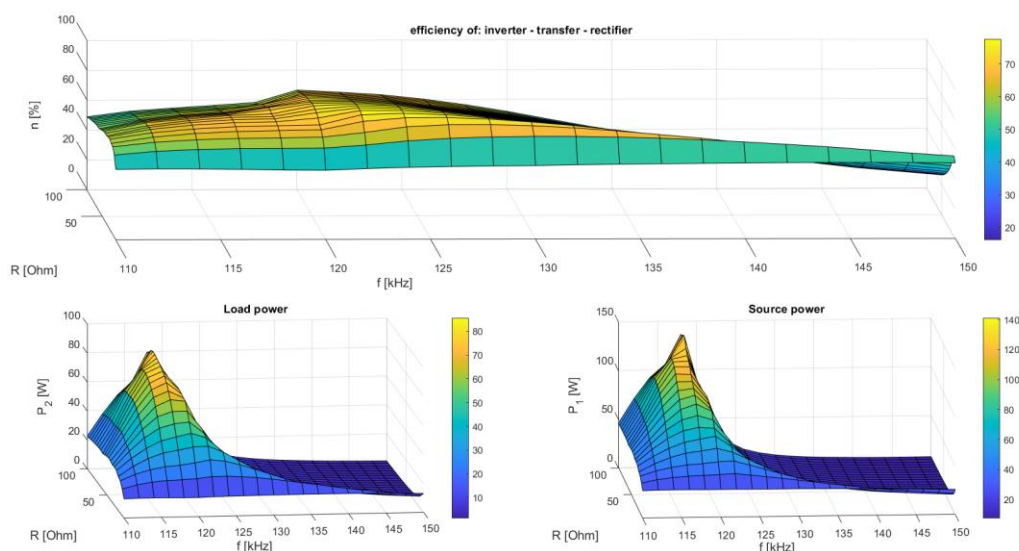
7 Testování rezonančního obvodu

Testování rezonančního obvodu bylo provedeno na připraveném pracovišti pro měření rezonančního obvodu. Data, která byla změřena byla převedena pomocí programu *Matlab* do grafů, které jsou ukázány na *Obrázek XXII* a *Obrázek XXIII*.

Největší účinnost měl systém při těchto parametrech $f = 122 \text{ kHz}$ a $R_z = 30 \Omega$ dosahoval systém účinnost $\eta = 77,63\%$. To je účinnost pouze bezdrátového přenosu, nejsou zde započteny ztráty usměrňovačů, H-můstku, napájení systému atd. To celkovou účinnost ještě o hodně sníží.



Obrázek XXII: První hodnoty z měření na rezonančním obvodu



Obrázek XXIII: Druhé hodnoty z měření na rezonančním obvodu

8 Závěr

Analýza nabíječky od společnosti *BOSCH* vznikla z důvodu inspirace u konkurenčního produktu. Na jeho základě se může udělat vlastní návrh na vyšší výkony a vyšší účinnost přenosu. Výrobce použil převod napětí z primární strany na sekundární stranu, tím si zmenšil napětí na sekundární straně a docílil toho, že nemusel použít snižující měnič. Tímto krokem si výrobce snížil cenu zařízení, ale snížil si i účinnost přenosu.

Literatura

- [1] [online].Dostupné z: <https://www.manualypdf.cz/bosch/gal-1830-w-dc/manu%C3%A1l>
- [2] [online].Dostupné z: https://content.kemet.com/datasheets/KEM_F3038_PHE448.pdf
- [3] [online].Dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/389/stb28nm50n-1850044.pdf>
- [4] [online].Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7710-8-bit-Microcontroller-AT90PWM216-316_Datasheet.pdf
- [5] [online].Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1935546.pdf>
- [6] [online].Dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/389/stm8l151c4-1851438.pdf>
- [7] [online].Dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/302/TEA1795T-1154420.pdf>

Seznam tabulek a obrázků

Tabulka I: Stručný popis BOSCH nabíječky	5
Obrázek I: Zapojení serio-seriového rezonančního obvodu	5
Obrázek II: Základní schéma zapojení nabíječky	7
Obrázek III: Fotografie rozebrané cívky pro nabíječku	8
Tabulka II: Hodnoty L změřené pomocí LCR metru na nabíječce	7
Obrázek IV: Fotografie rezonančního kondenzátoru na primární straně	8
Obrázek V: Vnější zapojení budiče IRS2186	9
Obrázek VI: Vnitřní zapojení budiče IRS2186	10
Obrázek VII: Nabíječka pohled zezdola	10
Obrázek VIII: Nabíječka pohled shora	10
Obrázek IX: Hlavní obvod pro nabíjení akumulátorů	11
Tabulka III: Hodnoty L a C změřené pomocí LCR metru na přijímači	12
Obrázek X: Rozebraná cívka na přijímači	12
Obrázek XI: Fotografie rezonančních kondenzátorů na sekundární straně	13
Obrázek XII: Zapojení obvodu TEA1795	13
Obrázek XIII: První fotka přijímače	14
Obrázek XIV: Druhá fotka přijímače	14
Obrázek XV: Zapojení BMS systému	15
Obrázek XVI: Fotky BMS systému	16
Obrázek XVII: Měření na akumulátoru	17
Obrázek XVIII: Měření na rezonanční cívce	17
Obrázek XIX: Měření na rezonančním kondenzátoru	18
Obrázek XX: Měření na vybitém akumulátoru	18
Obrázek XXI: Měření na nabitém akumulátoru	19
Obrázek XXII: První hodnoty z měření na rezonančním obvodu	19
Obrázek XXIII: Druhé hodnoty z měření na rezonančním obvodu	20