

طراحی و ساخت مبدل تشدیدي نیم پل مبتنی بر ترانسفورماتور پلانار

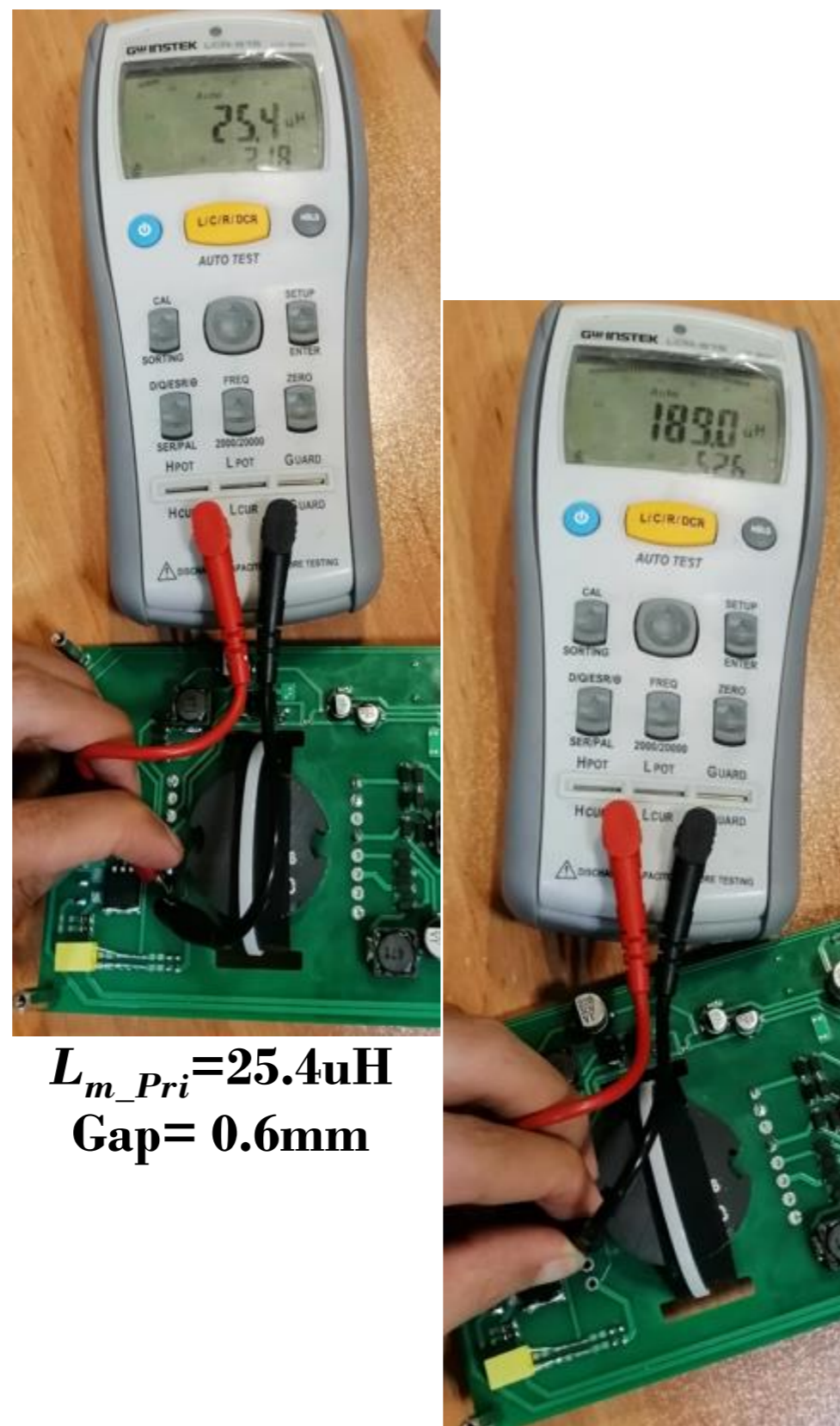


دانشجو: امیر مهدی حبیبی
استاد راهنما: دکتر کوروش خلیج منفرد
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

نتایج

نزدیکی مناسب مقادیر سلفها در اندازه گیری های عملی به نتایج شبیه سازی نشان می دهد که مدل سازی مناسب در نرم افزار Maxwell، انجام شده است و نتایج قابل اتکا است. تفاوت کم مقادیر سلفها در اندازه گیری عملی و نتایج شبیه سازی، به دلیل محدودیت هایی از جمله دیتاشیت نداشتن اکثر هسته های موجود در بازار ایران از جمله همین هسته انتخابی در این پروژه، در دسترس نبودن اطلاعات کامل و دقیق حتی در مورد ماده فریت با استاندارد PC40، مشخص نبودن میزان فاصله هوایی ایجاد شده در پیاده سازی عملی بصورت دقیق و کاملاً یکسان نبودن موقعیت سیم پیچها در مدل سازی نرم افزاری نسبت به پیاده سازی عملی، کاملاً منطقی است.

Time [us]	L(Primary_Winding,Primary_Winding) [uH] Setup1 : Transient	
0.000000	23.261157	
4.000000	23.291901	مقدار سلف
8.000000	23.277428	مغناطیس کنندگی
12.000000	23.372707	سیم پیچ اولیه با
16.000000	23.357940	فاصله هوایی ۰.۶
20.000000	23.342227	میلیمتر پس از
24.000000	23.399901	شبیه سازی
28.000000	23.387490	
32.000000	23.419775	
36.000000	23.409653	
40.000000	23.398352	



$L_{m_Pri}=25.4\mu H$
 $Gap=0.6mm$

$L_{m_Sec_1}=189\mu H$
 $Gap=0.6mm$

Time [us]	L(Secondary_Winding_1,Secondary_Winding_1) [uH] Setup1 : Transient	
0.000000	171.947287	
4.000000	172.179169	مقدار سلف
8.000000	172.070137	مغناطیس کنندگی
12.000000	172.787756	سیم پیچ ثانویه
16.000000	172.676559	اول با فاصله
20.000000	172.558230	هوایی ۰.۶ میلیمتر
24.000000	172.992471	پس از شبیه سازی
28.000000	173.142055	
32.000000	173.065865	
36.000000	173.065865	
40.000000	172.980812	

مقدمه / خلاصه

در این پروژه کارشناسی که در آزمایشگاه الکترونیک قدرت و سیستم های انرژی دانشگاه تهران انجام شده است، هدف، طراحی دقیق یک مبدل تشدیدي مبتنی بر ساختار نیم پل LLC است. هدف مهم و نو از این پروژه بکارگیری ترانسفورماتور پلانار (سطح) در ساختار مبدل تشدیدي نیم پل و مدلسازی دقیق آن در نرم افزار اجزای محدود الکترومغناطیسی Maxwell است.

در بحث تشدید LLC دو پارامتر مهم مربوط به L ها، مقدار سلف نشستی و سلف مغناطیس کنندگی ترانسفورماتور است. با استفاده از مدلسازی تقریباً دقیق ترانسفورماتور پلانار در نرم افزار Maxwell و با توجه به ثابت بودن موقعیت سیم پیچها در ترانسفورماتور پلانار، می توان قبل از پیاده سازی، مقادیر سلفی تانک تشدید را با دقت مناسبی مشخص نمود.

در این پروژه مراحل انجام این کار به طور کامل پیگیری شده است. در ابتدا طراحی یک مبدل تشدیدي انجام شده است؛ سپس بر اساس طراحی انجام شده، ترانسفورماتور پلانار در نرم افزار Maxwell شبیه سازی شده است و در نهایت ساخت عملی مبدل انجام شده است و نتایج شبیه سازی و عملی، راستی آزمایی شده است.

روش / ساختار / مدل پیشنهادی

بر اساس مشخصات مطلوب مبدل تشدیدي نیم پل با ۷ خروجی ۱۵ ولت و حدوداً ۵- ولت (۲۱ ولت) برای درایو کلیدهای قدرت، طراحی اولیه ای انجام شد و در این طراحی، مقادیر سلفها و خازن لازم برای تشدیدي شدن مبدل، تعداد دور و ابعاد سیم پیچهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتور و هسته ای ترانسفورماتور، مشخص شدند و سپس بر اساس نتایج این طراحی، طرح PCB ترانسفورماتور پلانار در کنار مبدل تشدیدي نیم پل در نرم افزار Altium Designer ترسیم شد و ساخته شد؛ سپس بر اساس شکل و ابعاد سیم پیچها در طرح PCB و ابعاد هسته ای انتخاب شده، مدل ترانسفورماتور هم در نرم افزار Ansys Maxwell پیاده شد و در نهایت، شبیه سازی شد. بعد از تست قرارگیری هسته پلانار در بردهای مدارچاپی ساخته شده، لحیم کاری برد انجام شد و پس از آن، سلف معادل سیم پیچها با RLC متر، اندازه گیری شد و نتایج بخش عملی با نتایج شبیه سازی، مقایسه شد. نتیجه ای مقایسه این شد که مقادیر سلفها در اندازه گیری های عملی به نتایج شبیه سازی، نزدیکی مناسبی داشت که نشان می دهد که در صورت مدل سازی مناسب، نتایج مقادیر سلف حاصل از شبیه سازی در نرم افزار ماکسول، قابل اتکا است. در گام آخر نیز مدار تشدیدي و خروجی های آن بررسی شد و شرایط ZVS در عمل فراهم شد.

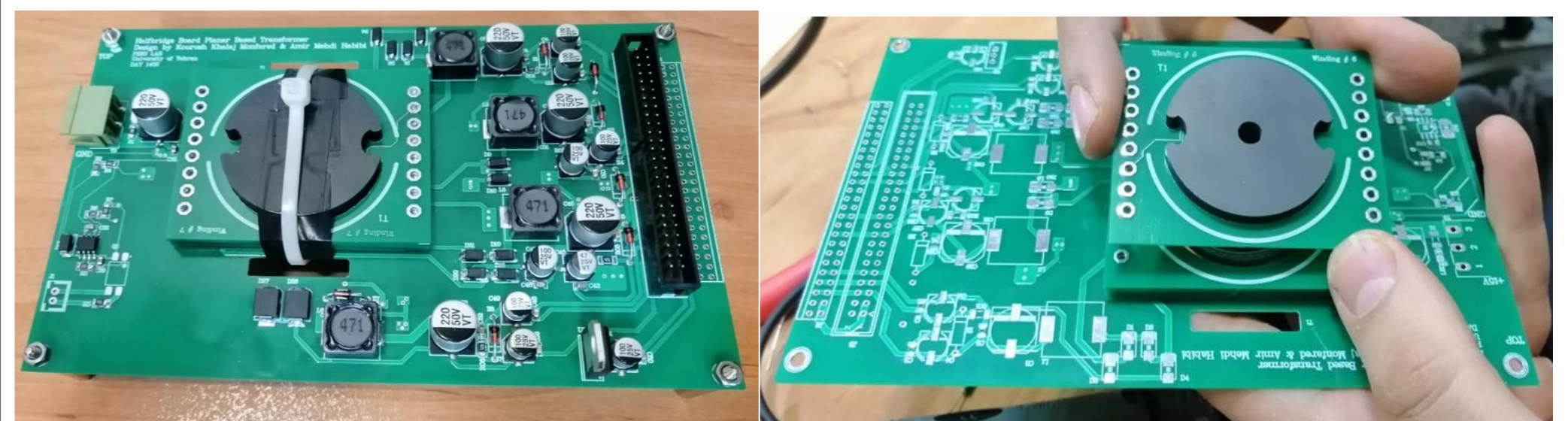
جمع بندی

در این پروژه کارشناسی پنج هدف اصلی مورد نظر بود که تامین شد. این اهداف عبارتند از:

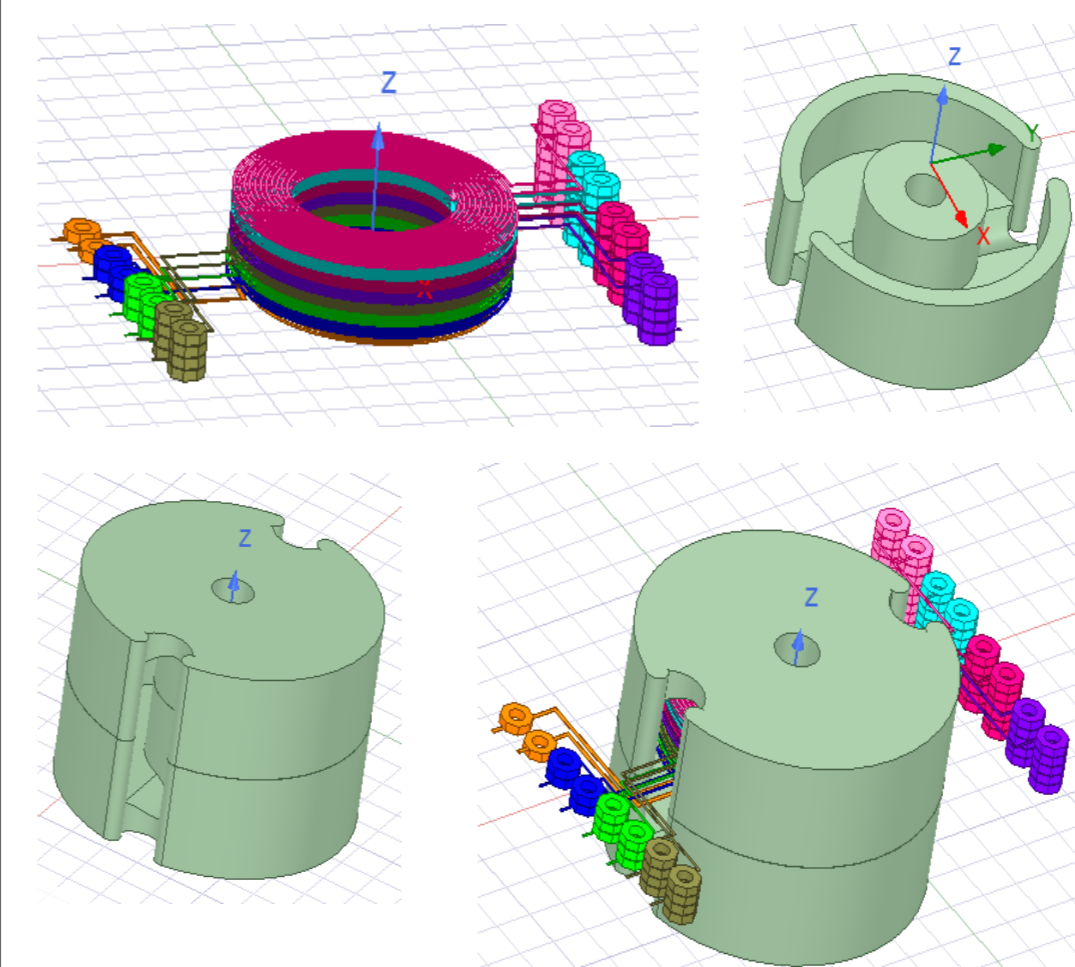
- ۱- یادگیری نرم افزارهای Altium Designer، Ansys Maxwell و کسب تجربه کار عملی
- ۲- طراحی یک مبدل تشدیدي مبتنی بر ساختار LLC
- ۲- طراحی و ساخت ترانسفورماتور پلانار
- ۳- مدل سازی و شبیه سازی ترانسفورماتور پلانار در نرم افزار Maxwell
- ۴- مقایسه و راستی آزمایی نزدیکی نتایج عملی و شبیه سازی
- ۵- گزارش نویسی کامل از فرآیند انجام پروژه

کاربردهای صنعتی:

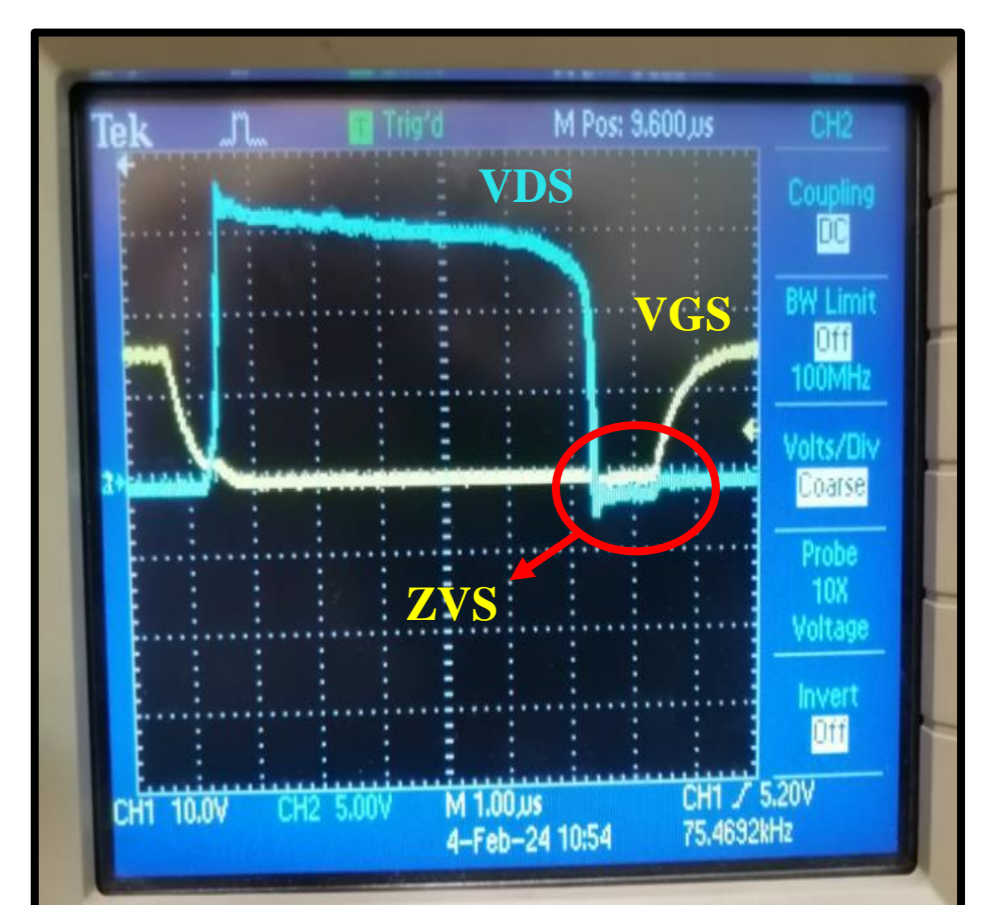
- ✓ منابع تغذیه آزمایشگاهی و صنعتی
- ✓ درایورهای LED
- ✓ شارژرهای خودروهای برقی و سامانه های انتقال توان بی سیم



Half-Bridge LLC Converter (1 Input=+15V, 7 Outputs= +15V & -5V)



Planar Transformer Modeling and Simulation in Maxwell



ZVS (Zero Voltage Switching) Condition

مراجع اصلی

- [1] Bing Lu, Wenduo Liu, Yan Liang, Fred C. Lee, Jacobus D. Van Wyk, "Optimal design methodology for LLC Resonant Converter," APEC 2006. pp.533-538.
- [2] Z. Ouyang, O. C. Thomsen and M. A. E. Andersen, "Optimal Design and Tradeoff Analysis of Planar Transformer in High-Power DC-DC Converters", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 59, no. 7, pp. 2800-2810, July 2012.15.
- [3] Z. Ouyang and M. A. E. Andersen, "Overview of Planar Magnetic Technology—Fundamental Properties", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 29, no. 9, pp. 4888-4900, Sept. 2014.