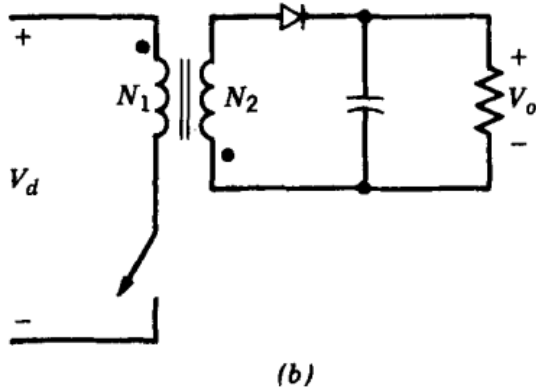
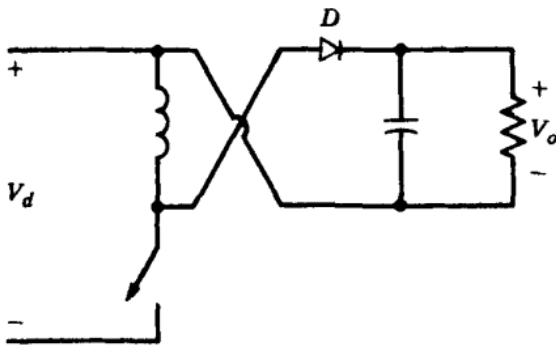


به نام خدا

در تصویر ۱، ساختار مبدل ایزوله یا فلاپیک را میبینیم که ورودی اش V_d است و کلید ماسفت را بصورت یک کلید ایده آل، مدل کرده است.

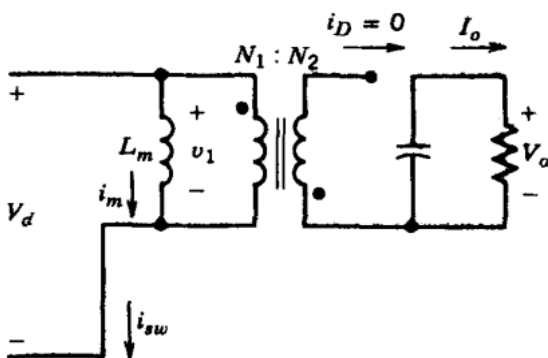


تصویر ۱. ساختار مبدل ایزوله یا فلاپیک



تصویر ۲. ساختار مبدل باک-بوست

این مبدل فلاپیک، از ساختار مبدل باک-بوست که در تصویر ۲ میبینیم، با اضافه شدن سیمپیچ ثانویه ی تزویج شده با سیمپیچ موجود اولیه، به منظور ایزولاسیون الکتریکی ورودی و خروجی، بدست آمده است.



تصویر ۳. مدار معادل مبدل فلاپیک در حالت بسته یا روشن بودن کلید

بر اساس تصویر روبه رو، در ساختار مبدل فلاپیک، اگر کلید، بسته باشد (در مدت زمان صفر ثانیه تا لحظه ی t_{on})، ولتاژ دو سر کلید، تقریباً برابر با صفر خواهد بود؛ لذا ولتاژ دو سر سیمپیچ اول (یعنی ولتاژ v_1)، برابر با ولتاژ ورودی یعنی V_d خواهد بود و به دلیل طرز قرارگیری سرهای نقطه دار، دیود طرف ثانویه، بایاس معکوس میشود؛ لذا جریانی از سیمپیچ ثانویه و دیود

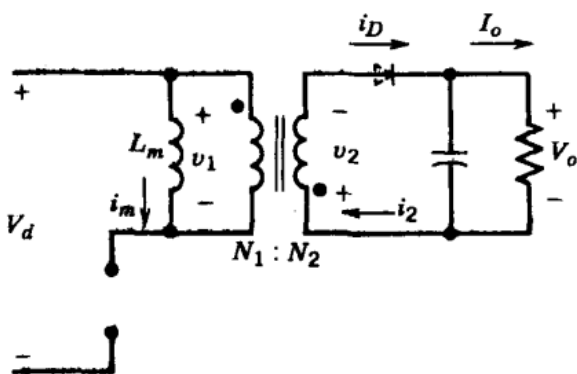
نمیگذرد؛ اما جریان شاخه مغناطیس کنندگی در طرف اولیه

که برابر با جریان کلید ماسفت هم میباشد، بر اساس رابطه ی $v = L \frac{di}{dt}$ بین ولتاژ و جریان سلف، رابطه ای بصورت زیر خواهد داشت:

$$i_m(t) = i_{sw}(t) = I_m(0) + \frac{V_d}{L_m} t \quad 0 < t < t_{on}$$

لازم به ذکر است که مبدل را داریم در حالت جریان پیوسته، تحلیل میکنیم؛ به همین دلیل است که جریان اولیه غیر صفری برای سلف مغناطیس کنندگی طرف اولیه، در نظر گرفته ایم. در انتهای این بازه زمانی روشن بودن کلید، جریان طرف اولیه که برابر با همان جریان شاخه مغناطیس کنندگی میباشد، به بیشترین مقدار خودش یعنی مقدار زیر میرسد:

$$\hat{I}_m = \hat{I}_{sw} = I_m(0) + \frac{V_d}{L_m} t_{on}$$



تصویر ۴. مدار معادل مبدل فلاپیک در حالت بسته یا روشن بودن کلید

بعد از مدت زمان t_{on} که کلید، باز یا خاموش میشود، طبیعتاً جریان کلید ماسفت، برابر با صفر میشود؛ ولتاژ دو سر سیمپیچ ثانویه (ولتاژ v_2)، با فرض ایده آل بودن دیود، برابر با منفی ولتاژ خروجی (ولتاژ V_o) میشود؛ لذا بر اساس روابط حاکم به ترانسفورماتور، ولتاژ دو سر سیمپیچ اولیه (ولتاژ v_1)، برابر با N_1/N_2 برابر ولتاژ v_2 میشود؛ یعنی برابر با $-(N_1/N_2) * V_o$ میشود؛ لذا جریان i_m یا جریان شاخه مغناطیس کنندگی در مدت زمان باز یا

خاموش بودن کلید، بر اساس رابطه‌ی $v = L \frac{di}{dt}$ بین ولتاژ و جریان سلف و بر اساس جریان اولیه ای که سلف L_m در لحظه ی t_{on} داشته است، رابطه ای بصورت زیر خواهد داشت:

$$i_m(t) = \hat{I}_m - \frac{V_o(N_1/N_2)}{L_m}(t - t_{on}) \quad t_{on} < t < T_s$$

بر اساس روابط حاکم بر ترانسفورماتور، جریان سیمپیچ ثانویه (جریان i_2) که برابر با جریان دیود هم هست، برابر با N_1/N_2 برابر جریان سیمپیچ اولیه یا همان جریان شاخه مغناطیس کنندگی در مدت زمان t_{on} تا T_s میشود؛ یعنی برابر با رابطه زیر میشود:

$$i_D(t) = \frac{N_1}{N_2} i_m(t) = \frac{N_1}{N_2} \left[\hat{I}_m - \frac{V_o(N_1/N_2)}{L_m}(t - t_{on}) \right] \quad t_{on} < t < T_s$$

برای محاسبه جریان مقاومت بار خروجی (I_o) که برابر با میانگین جریان دیود میباشد، باید مساحت زیر نمودار جریان دیود نسبت به زمان که یک دوزنقه است را محاسبه کنیم و حاصل را تقسیم بر دوره تناوب کلیدزنی (T_s) بکنیم؛ با انجام این کار، بیشینه جریان مغناطیس کنندگی یا جریان کلید، بر حسب ولتاژ و جریان خروجی، بصورت زیر خواهد بود:

$$\hat{I}_m = \hat{I}_{sw} = \frac{N_2}{N_1} \frac{1}{1-D} I_o + \frac{N_1}{N_2} \frac{(1-D)T_s}{2L_m} V_o$$

از آنجایی که به منظور پایدار بودن عملکرد مبدل، مجموع تغییرات جریان شاخه مغناطیس کنندگی در کل مدت زمان دوره تناوب کلید زنی (صفر تا T_s)، باید برابر با صفر باشد، داریم:

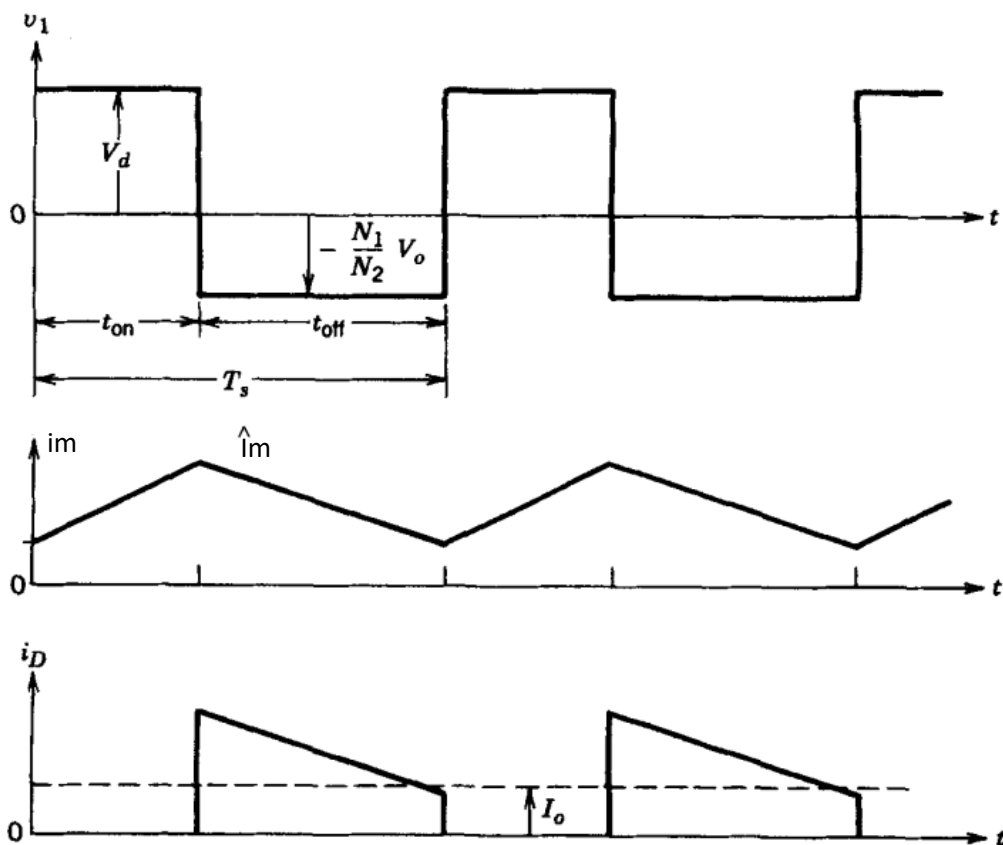
$$\Delta i_{m_1} + \Delta i_{m_2} = 0 \rightarrow \frac{V_d}{L_m} t_{on} - \frac{V_o \left(\frac{N_1}{N_2} \right)}{L_m} (T_s - t_{on}) = 0 \text{ و } t_{on} = DT_s \rightarrow \frac{V_o}{V_d} = \frac{-\frac{N_2}{N_1} D}{1 - D}$$

رابطه ی بین ولتاژ ورودی و خروجی مبدل، در حالت عملکردی جریان پیوسته هم بدست آمد.

حالا با نوشتن یک رابطه ی KVL در مدار و سپس ساده سازی با استفاده از رابطه ی بین ولتاژ ورودی و خروجی مبدل، در حالتی که کلید، خاموش یا باز است، میتوانیم ولتاژ درین-سورس حالت خاموشی کلید را هم بدست آوریم؛ پس داریم:

$$v_{sw} = V_d + \frac{N_1}{N_2} V_o = \frac{V_d}{1 - D} \quad t_{on} < t < T_s$$

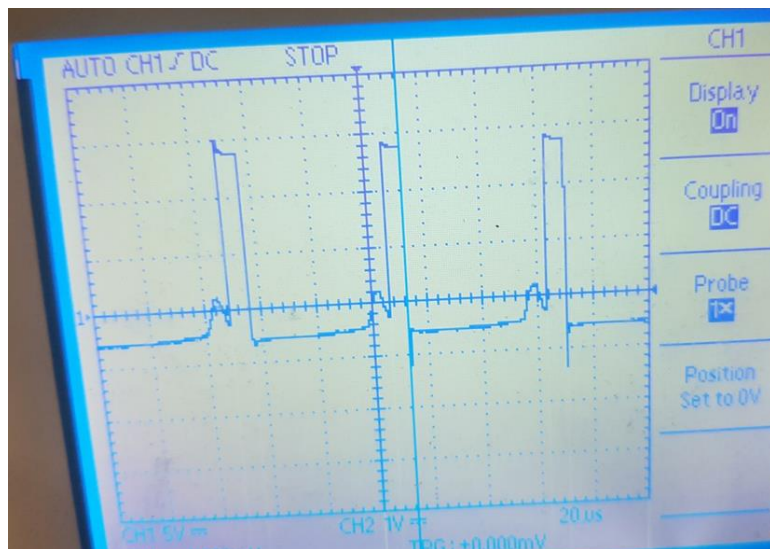
سه نمودار ولتاژ سیمپیچ اولیه، جریان شاخه مغناطیس کنندگی طرف اولیه و جریان دیود که همان جریان سیمپیچ ثانویه است را در زیر میبینیم.



تصویر ۵. نمودارهای ولتاژ سیمپیچ اولیه، جریان شاخه مغناطیس کنندگی طرف اولیه و جریان دیود یا همان جریان سیمپیچ ثانویه

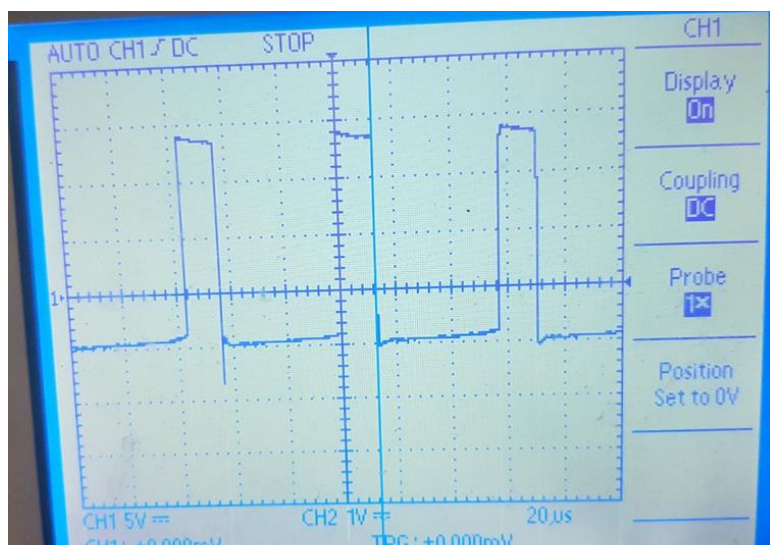
توضیحات مربوط به عملکرد مبدل فلایبک در حالت پیوسته را در صفحات قبل دیدیم؛ حالا پاسخ سوالات آزمایش را بر اساس نتایج آزمایش و توضیحات فوق، خواهیم داد.

۱.

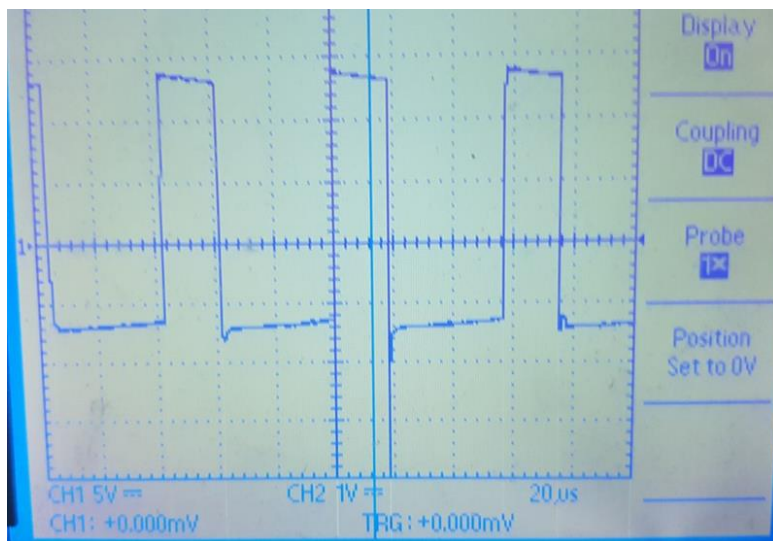


شکل ۱. ولتاژ سیمپیچ اولیه در دوره کار ۲۰ درصد

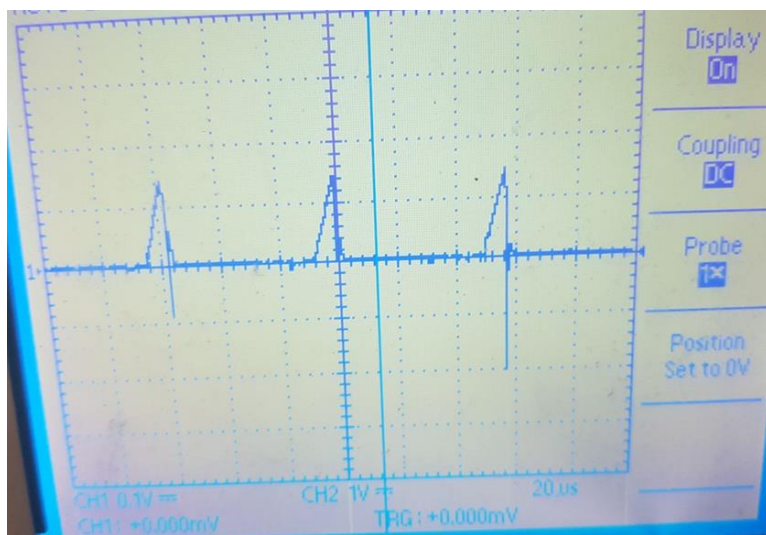
بر اساس توضیحات داده شده، فهمیدیم که وقتی کلید، متصل باشد، ولتاژ سیمپیچ اولیه، مثبت میشود؛ در تصاویر ۱ تا ۳ هم میبینیم که با افزایش دوره کار، مدت زمان مثبت بودن ولتاژ سیمپیچ اولیه، متناسب با افزایش دوره کار، افزایش می یابد. در حالت خاموش بودن کلید هم، ولتاژ سیمپیچ اولیه، منفی و برابر با ولتاژ خروجی است.



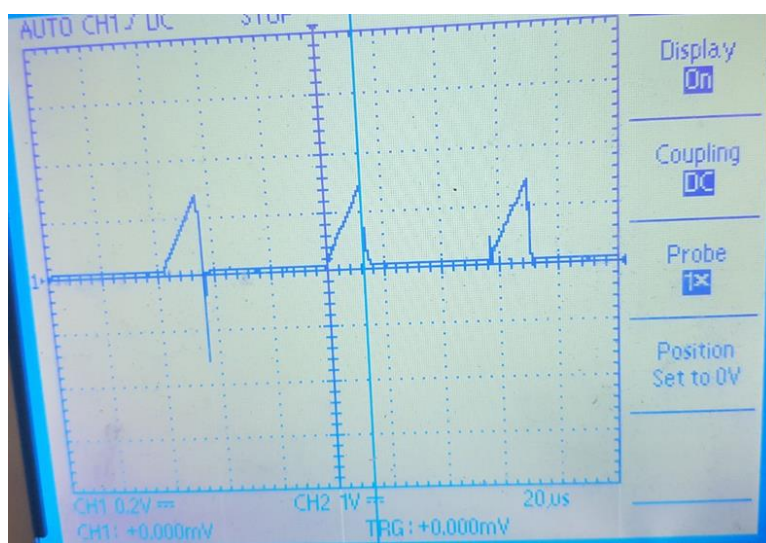
شکل ۲. ولتاژ سیمپیچ اولیه در دوره کار ۳۰ درصد



شکل ۳. ولتاژ سیمپیچ اولیه در دوره کار ۴۰ درصد



شکل ۴. جریان ماسفت در دوره کار ۲۰ درصد



شکل ۵. جریان ماسفت در دوره کار ۳۰ درصد

بر اساس توضیحات داده شده، فهمیدیم که وقتی کلید، متصل باشد، جریان کلید ماسفت، افزایش می‌یابد؛ در تصاویر ۴ تا ۶ هم می‌بینیم که با افزایش دوره کار، مدت زمان افزایش جریان ماسفت، متناسب با افزایش دوره کار، افزایش می‌یابد. وقتی هم که کلید، خاموش باشد، جریان ماسفت برابر با صفر می‌شود.



شکل ۶. جریان ماسفت در دوره کار ۴۰ درصد

۲.

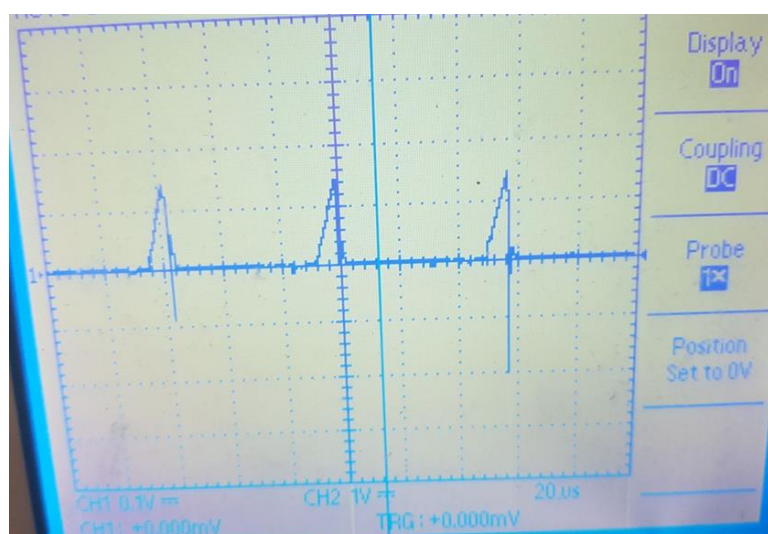
بر اساس تصاویر ۱ تا ۳، ولتاژ لبه بالایی ولتاژ سیمپیچ اولیه، تقریباً برابر با ۲.۸ برابر ۵ ولت است؛ یعنی ۱۴ ولت؛ بر اساس توضیحات داده شده، این ولتاژ، تقریباً برابر با ولتاژ ورودی است. ولتاژ لبه پایینی ولتاژ سیمپیچ اولیه هم، در تصاویر ۱ تا ۳، به ترتیب، تقریباً برابر با ۳-، ۴.۵- و ۶.۵- ولت است؛ اندازه این ولتاژها که بر اساس توضیحات، همان ولتاژ خروجی هستند، تقریباً بر اساس رابطه ی قرمز شده در صفحه سوم این گزارش است.

بر اساس تصاویر ۱ تا ۶ و بر اساس توضیحات داده شده در سه صفحه اول گزارش، در مدت زمان روشن بودن کلید که این مدت زمان، برابر با حاصلضرب دوره کار، در کل دوره تناوب (تقریباً ۶۲ میکروثانیه) است، ولتاژ سیمپیچ اولیه، مثبت است و جریان ماسفت هم بصورت ساعتگرد در طرف اولیه، در حال افزایش است؛ در مدت زمان خاموش بودن کلید هم که این مدت زمان، برابر با حاصلضرب (یک منهای دوره کار)، در کل دوره تناوب (تقریباً ۶۲ میکروثانیه) است، ولتاژ سیمپیچ اولیه، منفی است و جریان ماسفت هم برابر با صفر است.

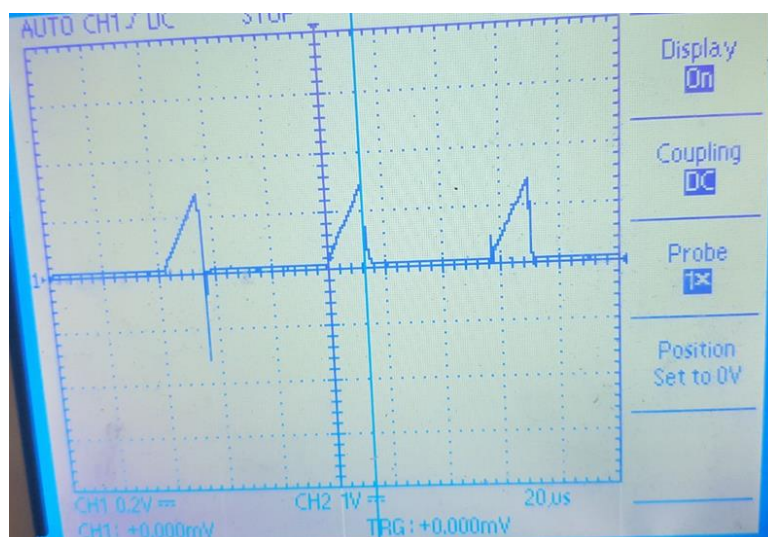
ولتاژ قابل تحمل توسط کلید ماسفت، همان ولتاژ حالت خاموشی کلید است؛ رابطه ی این ولتاژ بر حسب ولتاژ ورودی و خروجی (یا بر اساس ولتاژ ورودی و دوره کار) را در صفحه سوم این گزارش، بدست آورده ایم.

۵.

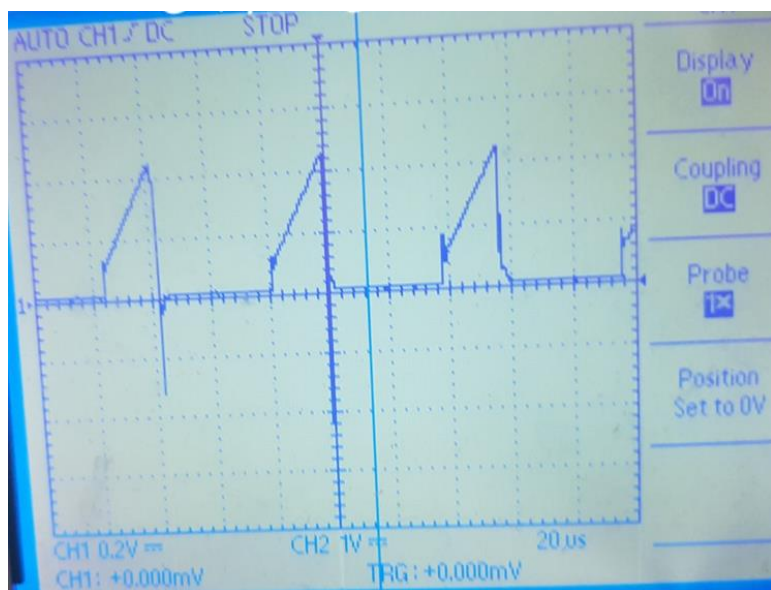
بر اساس توضیحات داده شده، فهمیدیم که وقتی کلید، متصل باشد، جریان سیمپیچ اولیه، افزایش می‌یابد؛ در تصاویر ۷ تا ۱۱ هم میبینیم که با افزایش دوره کار، مدت زمان افزایش جریان سیمپیچ اولیه، متناسب با افزایش دوره کار، افزایش می‌یابد. در زمان خاموش بودن کلید هم جریان سیمپیچ اولیه، صفر میشود.



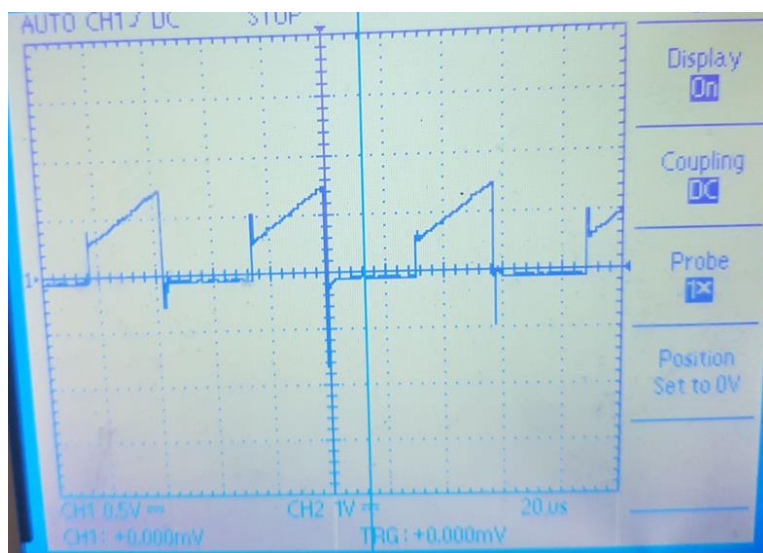
شکل ۷. جریان سیمپیچ اولیه در دوره کار ۲۰ درصد



شکل ۸. جریان سیمپیچ اولیه در دوره کار ۳۰ درصد



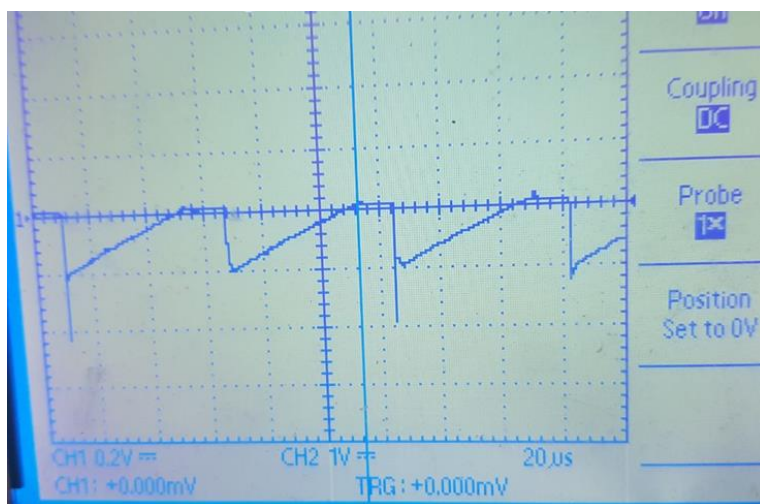
شکل ۹. جریان سیمپیچ اولیه در دوره کار ۴۰ درصد



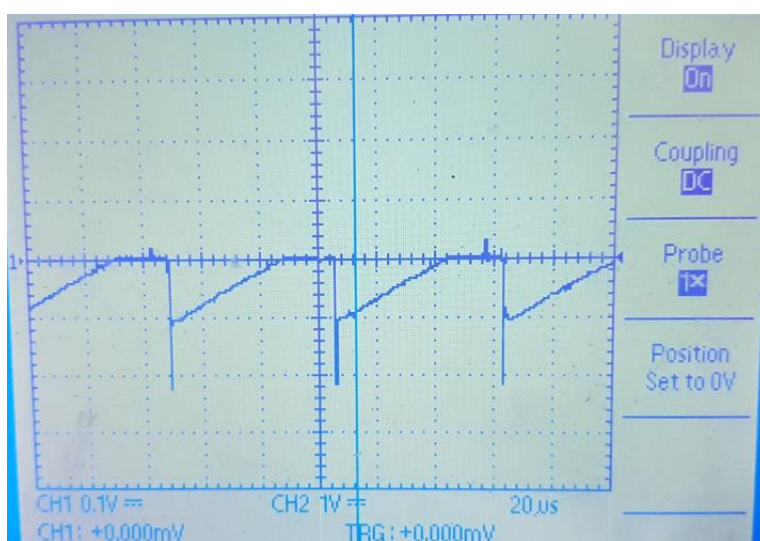
شکل ۱۰. جریان سیمپیچ اولیه در دوره کار ۵۰ درصد



شکل ۱۱. جریان سیمپیچ اولیه در دوره کار ۴۵ درصد

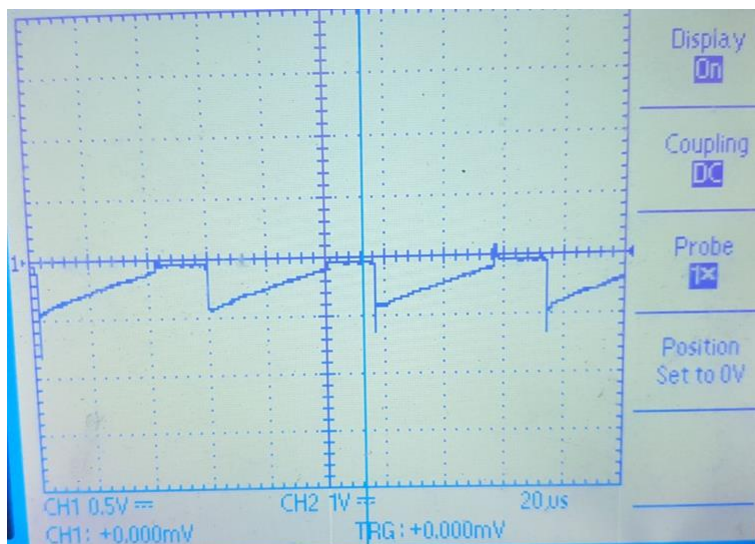


شکل ۱۲. جریان سیمپیچ ثانویه در دوره کار ۲۰ درصد

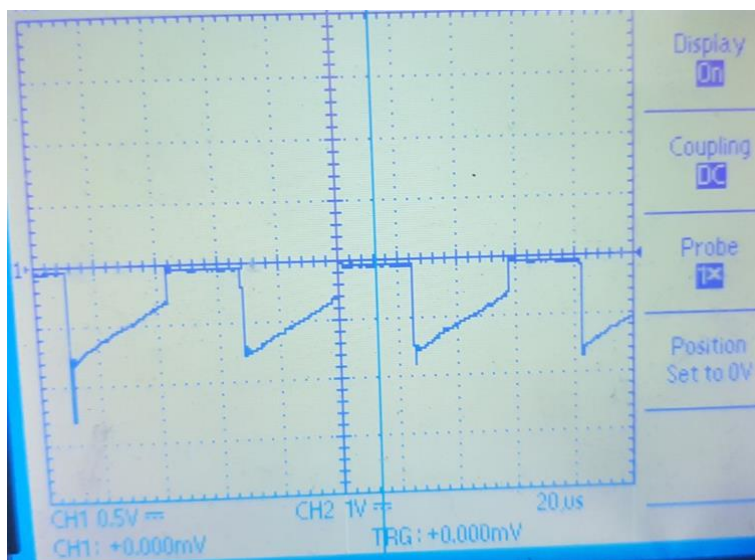


شکل ۱۳. جریان سیمپیچ ثانویه در دوره کار ۳۰ درصد

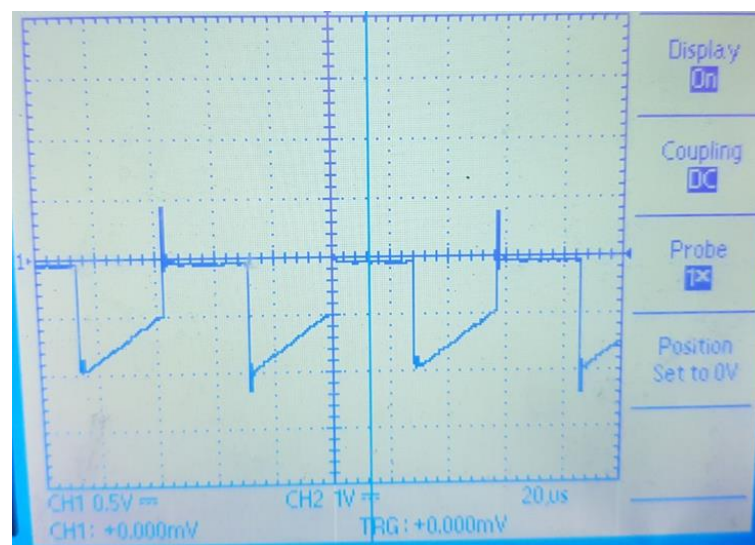
بر اساس توضیحات داده شده، فهمیدیم که وقتی کلید، متصل باشد، جریان سیمپیچ ثانویه، به دلیل بایاس معکوس شدن دیود، صفر است؛ در تصاویر ۱۲ تا ۱۶ هم میبینیم که با افزایش دوره کار، مدت زمان صفر بودن جریان سیمپیچ ثانویه، متناسب با افزایش دوره کار، افزایش می یابد. در زمان خاموش بودن کلید هم جریان سیمپیچ ثانویه، از حداکثر مقدار جریان سیمپیچ اولیه در انتهای زمان روشن بودن کلید، شروع به کاهش مقدار میکند. دلیل منفی بودن جریان سیمپیچ ثانویه در عکس ها، این است که جهت مثبت جریان واقعی در سیمپیچ ثانویه، ساعتگرد است در حالی که ابزار اندازه گیری جریان در آزمایشگاه، جهت پادساعتگرد را به عنوان جهت مثبت جریان، در نظر میگیرد.



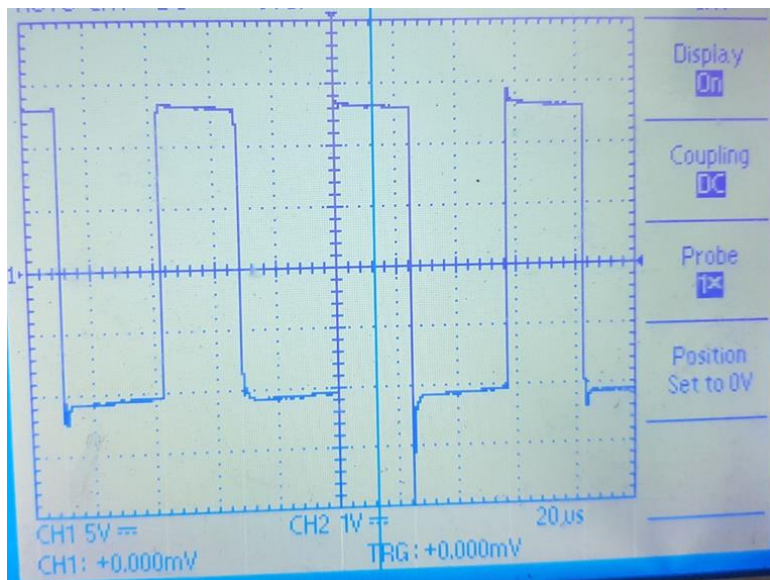
شکل ۱۴. جریان سیمپیچ ثانویه در دوره کار ۴۰ درصد



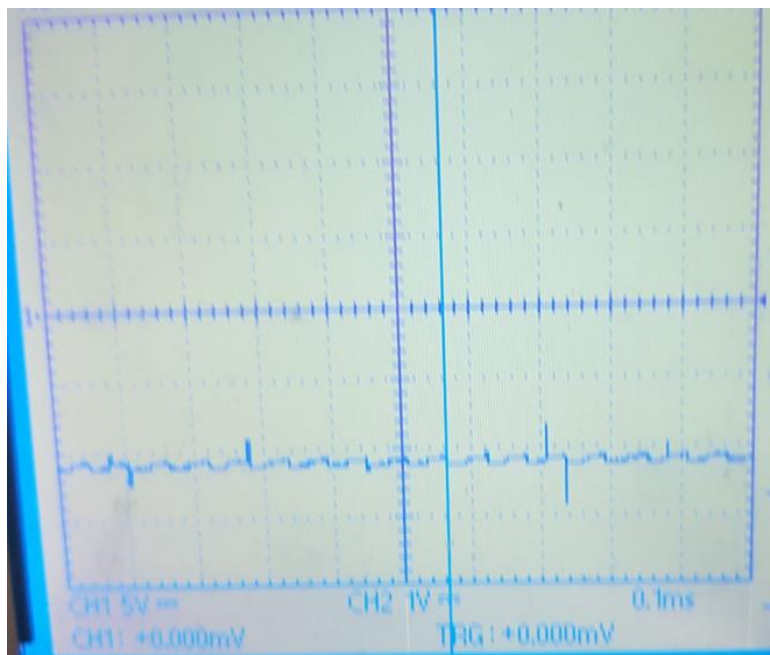
شکل ۱۵. جریان سیمپیچ ثانویه در دوره کار ۵۰ درصد



شکل ۱۶. جریان سیمپیچ ثانویه در دوره کار ۵۵ درصد



شکل ۱۷. ولتاژ سیمپیچ اولیه در دوره کار ۵۰ درصد



شکل ۱۸. ولتاژ خروجی در دوره کار ۵۰ درصد

بر اساس توضیحات داده شده در سه صفحه اول گزارش و تصاویر ۱۷ و ۱۸، در مدت وصل بودن کلید که ولتاژ سیمپیچ اولیه برابر با ولتاژ ورودی است، تقریباً برابر با ۲.۸ برابر ۵ ولت است؛ یعنی ۱۴ ولت؛ در مدت خاموش بودن کلید هم ولتاژ سیمپیچ اولیه که برابر با ولتاژ خروجی است، بر اساس رابطه ی قرمز شده ی ابتدای صفحه سوم گزارش، باید اندازه اش برابر با ولتاژ ورودی باشد؛ اما در تصاویر ۱۷ و ۱۸ میبینیم که ولتاژ سیمپیچ اولیه در حالت خاموش بودن کلید که برابر با ولتاژ خروجی است، اندازه اش با ولتاژ ورودی (ولتاژ سیمپیچ اولیه در حالت روشن بودن کلید یا لبه بالایی ولتاژ) نمیباشد و این دو مقدار، در حد ۰.۴ ولت، با یکدیگر اختلاف دارند؛ این اتفاق، احتمالاً به دلیل اشتباه نشان دادن دوره کار در تجهیز موجود در آزمایشگاه است؛ در واقع در ظاهر، به ما، دوره کار ۵۰ درصد را نشان داده است و ما هم بر اساس همان، نتایج را اندازه گرفته ایم؛ اما بنظر می آید که پیچ تنظیم دوره کار، در تجهیز موجود در آزمایشگاه، کمی دچار اشکال است.

بر اساس توضیحات داده شده و تصاویر ۷ تا ۱۶، وقتی کلید، متصل باشد، جریان سیمپیچ اولیه، افزایش می‌یابد و جریان سیمپیچ ثانویه، به دلیل بایاس معکوس شدن دیود، صفر است؛ با افزایش دوره کار، مدت زمان افزایش جریان سیمپیچ اولیه و صفر بودن جریان سیمپیچ ثانویه، متناسب با افزایش دوره کار، افزایش می‌یابد. در زمان خاموش بودن کلید هم جریان سیمپیچ اولیه، صفر میشود و جریان سیمپیچ ثانویه، از حداکثر مقدار جریان سیمپیچ اولیه در انتهای زمان روشن بودن کلید، شروع به کاهش مقدار میکند. دلیل منفی بودن جریان سیمپیچ ثانویه در تصاویر ۱۲ تا ۱۶، این است که جهت مثبت جریان واقعی در سیمپیچ ثانویه، ساعتگرد است در حالی که ابزار اندازه‌گیری جریان در آزمایشگاه، جهت پادساعتگرد را به عنوان جهت مثبت جریان، در نظر می‌گیرد.

در تصاویر ۱، ۲ و ۳، نسبت مقدار لبه پایینی ولتاژ(ولتاژ در حالت خاموشی کلید که برابر با ولتاژ خروجی است.) (ولتاژ خروجی اندازه‌گیری شده) به مقدار لبه بالایی ولتاژ(ولتاژ حالت روشن بودن کلید که برابر با ولتاژ ورودی است)، با توجه به یکسان بودن تعداد دور سیمپیچ‌های اولیه و ثانویه، تقریباً با رابطه‌ی قرمز شده در ابتدای صفحه سوم گزارش که ولتاژ خروجی محاسبه شده را نشان میدهد، تطابق دارند؛ وضعیت ولتاژ خروجی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده نسبت به هم را در تصاویر ۱۷ و ۱۸ را هم در سوال ۶، توضیح داده ایم.

بر اساس توضیحات داده شده در سه صفحه اول گزارش، از لحاظ تئوری، با ۵۰ درصد شدن دوره کار، با توجه به برابر شدن اندازه ی ولتاژ ورودی (ولتاژ سیمپیچ اولیه در حالت روشن بودن کلید) و خروجی (ولتاژ سیمپیچ ثانویه در حالت خاموش بودن کلید)، با توجه به برابر شدن زمان روشن و خاموش بودن کلید، با توجه به برابر بودن تعداد دور سیمپیچ های اولیه و ثانویه و با توجه به رابطه ی $v = L(di/dt)$ بین ولتاژ و جریان یک سلف، شیب افزایش جریان سیمپیچ اولیه در زمان روشن بودن کلید و شیب کاهش مقدار جریان سیمپیچ ثانویه در زمان خاموش بودن کلید، برابر میشوند؛ در عمل هم، تصاویر ۱۰ و ۱۵، این اتفاق را تقریباً تایید میکنند.

چون فراموش کرده بودم که در ابتدای فایل، اسم گروه و اعضای گروه را معرفی کنم؛ برای جلوگیری از نامرتب شدن فایل، در همینجا این کار را کردم:

اسم گروه: گروه B

اعضای گروه: عرفان حسینی، محمد تقی زاده و امیرمهدی حبیبی

