



دانشگاه زنجان  
دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

## گرایش: الکترونیک

عنوان پروژه:

# زاویه سنج مغناطیسی

استاد راهنما: دکتر جلیوند

دانشجو: محسن ملکی

سال تحصیلی: ۹۰-۹۱

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

- ۱ طراحی قطب نمای الکترونیکی با استفاده از KMZ۵۱, KMZ۵۲.....
- ۱ حس گرهای تقویت کننده مغناطیسی (MR) برای کاربردهای قطب نمای مغناطیسی : .....
- ۱ المنت حس گر تقویت کننده مغناطیسی .....
- ۱ تأثیر تقویت کننده مغناطیسی : .....
- ۳ بهینه سازی ویژگی حس گر با استفاده از ساختارهای Barber Pole : .....
- ۴ راه اندازی / راه اندازی مجدد و سیم پیچ های جبران کننده : .....
- ۵ حس گرهای MR فلیپس برای سیستم های قطب نما : .....
- ۷ واحد وضعیت انتقال سیگنال (SCU) : .....
- ۷ شرایط : .....
- ۱۰ جبران تعدیل (انحراف) : .....
- ۱۲ جبران تفاضل حساسیت ( $\Delta S$ ): .....
- ۱۴ جبران حالت غیر عمودی: .....
- ۱۵ طراحی مدار : .....
- ۱۵ عوامل ولتاژ ورودی : .....
- ۱۶ مولد ضربه (قطعه ۱) : .....
- ۱۷ تقویت کننده قبلی (قطعه ۲) : .....
- ۱۷ جبران انحراف (قطعه ۳) : .....
- ۱۸ یکسو کننده همزمان (قطعه ۴) : .....
- ۱۸ کنترل کننده انتگرال (واحد) (قطعه ۵) : .....
- ۱۹ انتقال سیم پیچ جبران (قطعه ۶) : .....
- ۱۹ SCU بدون بازخورد مغناطیسی - الکتریکی : .....

SCU با میکرو کنترلر : ..... ۲۰

واحد تعیین جهت (DDU) ..... ۲۱

قطب نمای جزء - ۸ : ..... ۲۱

قطب نما با قدرت تشخیص بالا : ..... ۲۲

درجه بندی میدان انترفرنس (مزام) : ..... ۲۳

درجه بندی شمال واقعی : ..... ۲۸

جبران (تصحیح) انحراف (کجی) : ..... ۲۹

درستی سیستم : ..... ۳۲

پیوست ۱ فهرست اختصارات : ..... ۳۵

پیوست ۲ تبدیل های واحد : ..... ۳۶

طراحی قطب نمای الکترونیکی با استفاده از KMZ01, KMZ02

حس گره‌های تقویت کننده مغناطیسی (MR) برای کاربردهای قطب نمای مغناطیسی:

هدف از این بخش توصیف اصول اولیه حس گره‌های تقویت کننده مغناطیسی است که طراح

قطب نما باید از آن آگاهی داشته باشد. توصیف مفصل تر تأثیر تقویت کننده مغناطیسی را می

توانید در مقاله شماره [۳] بیابید.

المنت حس گر تقویت کننده مغناطیسی

تأثیر تقویت کننده مغناطیسی:

حس گره‌های تقویت کننده مغناطیسی (MR) برای تغییر ضریب مقاومت خود در حضور میدان

مغناطیسی خارجی از تأثیر تقویت کننده مغناطیسی، خاصیت انتقال جریان الکتریکی ماده

مغناطیسی، استفاده می کنند. شکل ۴ نوار باریکی از ماده فرو مغناطیسی را نشان می دهد که

پرمالوی نامیده می شود (که حاوی ۱۹٪ Fe, ۸۱٪ Ni است).

در طول ته نشن نوار باریک پرمالوی، میدان مغناطیسی قوی خارجی موازی با محور نوار به کار

می رود. با انجام این کار، جهت مورد نظر مغناطیسی شدن در نوار باریک تعیین می شود. در نبود

هر نوع میدان مغناطیسی خارجی، مغناطیسی شدن همیشه در این جهت قرار می گیرد. در شکل ۴ -

این طور فرض شده است که مغناطیسی شدن در جهت X باشد که جهت جریان الکتریکی نیز می

باشد. حالا حس گر MR به دو تأثیر اصلی وابسته است که در زیر آمده است:

- مقاومت نوار R به زاویه  $\alpha$  بین جهت جریان و جهت مغناطیسی شدن بستگی دارد.

- جهت مغناطیسی شدن و نیز زاویه  $\alpha$  می توانند تحت تأثیر میدان مغناطیسی خارجی  $H_y$  قرار

بگیرند که  $H_y$  موازی با صفحه نوار و عمود بر جهت مورد نظر است.

هنگامی که میدان مغناطیسی خارجی وجود ندارد. پرمالوی بردار مغناطیسی شدن داخلی دارد که

موازی با جهت مورد نظر است یعنی  $\alpha = 0$  است. در این حالت، مقاومت نوار  $R$  بیشترین مقدار

( $R_{max}$ ) خود را دارد. اگر در حال حاضر میدان مغناطیسی خارجی ( $H_y$ ) به کار رود، بردار

مغناطیسی شدن داخلی پرمالوی حول زاویه  $\alpha$  می چرخد. در مقاومت های بالای میدان،

مغناطیسی شدن به موازی کردن خود با  $H_y$  گرایش دارد و زاویه چرخش  $\alpha$  به  $90^\circ$  می رسد.

مقاومت به کمترین مقدار خود ( $R_{min}$ ) می رسد. معادله نزدیک شکل ۴ وابستگی تابعی بین  $R$  و

$\alpha$  را نشان می دهد که در آن  $R_o = R_{min} \Delta$  ,  $\Delta R = (R_{max} - R_{min})$  است. در نهایت تابع

$R$  در برابر  $H_y$  به صورت زیر می باشد:

$$R = R_o + \Delta R \left(1 - \left(\frac{H_y}{H_o}\right)^2\right) \quad (2)$$

شکل ۵a نمودار معادله (۲) را نشان می دهد.  $H_o$  پارامتری است که به ماده مغناطیسی و شکل

هندسی نوار باریک بستگی دارد. معادله (۲) برای دامنه های مقاومت میدان  $H_y \leq H_o$  تعریف شده

است. برای  $H_y > H_o$  ،  $R$  مساوی با  $R_o$  است.  $R_o$  و  $\Delta R$  نیز پارامترهای ماده هستند. برای

پرمالوی،  $\Delta R$  دامنه ۲ تا ۳٪  $R_o$  است.

## بهبود سازی ویژگی حس گر با استفاده از ساختارهای Barber Pole :

شکل 5a ویژگی حس گر را بر طبق معادله (۲) نشان می دهد. برای دامنه های کوچک Hy، حساسیت خیلی پایین و غیر خطی است. علاوه بر آن کشف این ویژگی امکان پذیر نیست خواه Hy مثبت باشد خواه منفی. از این رو ساختار اصلی حس گر شکل ۴ برای کاربردهای قطب نما بهبود یافته است.

با قرار دادن نوارهای آلومینیومی (به نام قطب های باربر) بر روی نوار پرمالوی در زاویه  $45^\circ$  محور نوار می توان پیشرفت هایی در ساخت حس گر مطلوب به دست آورد. شکل ۶ این اصل را نشان می دهد. از آنجائیکه آلومینیم رسانایی بسیار بالایی نسبت به پرمالوی دارد تأثیر قطب بار بر (Barbar) چرخاندن جهت جریان حول زاویه  $45^\circ$  است که به طور مؤثری زاویه بین مغناطیسی شدن و جریان الکتریکی را از  $\alpha$  تا  $(\alpha - 45^\circ)$  تغییر می دهد. نمودار b در شکل ۵ تأثیر ویژگی حس گر را به علت ساختار قطب بار بر نشان می دهد. برای میدان های ضعیف مانند میدان مغناطیسی زمین، حساسیت به طرز چشمگیری بالا است، ویژگی حس گر به صورت طولی در آورده شده و امکان کشف نشانه Hy وجود دارد.

به لحاظ عملی ساخت المنت حس گری به عنوان پل مقاومت (مداری متشکل از مقاومت معلوم و مجهول که توسط آن می توان مقاومت مجهول را اندازه گیری کرد) با صرفه و دارای مزیت است، این پل همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده است متشکل از چهار نوار باریک تقویت کننده مغناطیسی است. برای حس گرهای جهت یاب، ساختارهای قطب باربر به کار رفته است که

یک جفت نوار قطری در زاویه  $45^{\circ}+$  محور نوار جهت یابی شده است در حالی که جفت دیگر

در زاویه  $45^{\circ}-$  جهت یابی شده است. به این ترتیب تغییر مقاومت  $\Delta R$  به علت میدان مغناطیسی از

نظر طولی به تغییر ولتاژ خروجی دیفرانسیل ( $\Delta V = +V_o - (-V_o)$ ) تبدیل شده است. علاوه بر آن،

ضریب دمای داخلی چهار مقاومت پل از دو طرف جبران شده است.

### راه اندازی / راه اندازی مجدد و سیم پیچ های جبران کننده :

حس گرهای MR به لحاظ ویژگی دو پایه ای هستند یعنی جهت مغناطیسی شدن داخلی آنها را

می توان معکوس یا «کوتاه» کرد. این کار را می توان با میدان مغناطیسی مقاومت کافی به دست

آورد اگر این میدان موازی با مغناطیسی شدن به کار رود اما دارای جهت مخالف می باشد (به

شکل ۸ رجوع کنید). ضربه کوتاه کردن موجب تغییر ویژگی حس گر می شود طوری که ولتاژ

خروجی حس گر قطبیت را تغییر می دهد. حس گرهای MR می توانند در برابر کوتاه شدگی

ناخواسته با به کارگیری میدان مغناطیسی کمکی موازی با محور ضربه کوتاه شدگی مقاومت کنند.

این میدان باید ضربه ای باشد همان طور که میدان مغناطیسی دائم حساسیت را کاهش می دهد.

هنگامی که میدان های ضعیف اندازه گیری می شوند، ترجیح داده می شود که ویژگی حس گر

به طور مکرر معکوس یا «ضربه زده» شود. این کار امکان جبران انحراف حس گر را به نحو قابل

مقایسه با روش ضربه چرخشی به کار رفته در تقویت سیگنال های کوچک الکتریکی فراهم می

کند. سیم پیچ نصب شده / نصب مجدد در نزدیکی المنت حس گر وسیله ای برای به کارگیری

میدان مغناطیسی کمکی برای ضربه سریع است.

در سیستم های دقیق تر قطب نما، حس گر باید امکان جبران تغییر حساسیت با دما و امکان خنثی کردن میدان های مزاحم را نیز داشته باشد. هر دوی اینکار را می توان به وسیله میدان کمکی در جهت حساس انجام داد. این میدان به وسیله سیم پیچ «جبران یا خنثی کننده» در نزدیکی المنت حس گر به وجود می آید. حس گرهای MR فیلپس اختصاص یافته برای کاربردهای قطب نما با سیم پیچ های جبران و نصب / نصب مجدد پیچیده در دسترس هستند که برای فراهم کردن سیم پیچ های خارجی از هزینه و تلاش اضافی جلوگیری می کنند. گذشته از آن، از آنجائیکه سیم پیچ های یکپارچه می توانند بسیار نزدیکتر به المنت حس گر مرتب شوند، برای تولید مقاومت های مورد نیاز میدان به جریان الکتریکی فوق العاده کمتری نیاز دارند. این امر هزینه اضافی و هزینه وضعیت سیگنال ضلع واحد را کاهش می دهد.

در بخش وضعیت سیگنال، روش های ضربه کوتاه و جبران به طور مفصل توصیف شده است. **حس گرهای MR فیلپس برای سیستم های قطب نما:**

در دو محصول فعلی حس گر نیمه رساناهای فیلپس معرفی شده است که به این میدان کاربرد استفاده اختصاص یافته دارند. در هر دو محصول ساختار قبلاً توصیف شده قطب باربر با خطی بودن ذاتی آن و حساسیت بالا استفاده شده است.

اولین ابزار KMZ52 است که متشکل از همه المنت های سیستم حس گر قطب نما در یک پکیج است یعنی دو حس گر میدان ضعیف با جا به جایی  $90^{\circ}$  که هر یک دارای سیم پیچ جبران کننده و نصب / نصب دوباره می باشد (به شکل 3 رجوع شود). ابزار KMZ51 تک حس گری با سیم



پیچ های جبران کننده و نصب / نصب دوباره است. این ابزار را می توان همراه با KMZ52 برای

تشکیل حس گر سه بُعدی به منظور جبران نوسان به کار برد همان طور که در بخش ۹ توصیف

شده است. شکل ۹ نمودار ساده شده KMZ51، پل مقاومت الکتریکی MR و نیز سیم پیچ های

جبران و نصب / نصب دوباره را نشان می دهد. جدول شماره ۱ طرح کلی از مجموعه حس گر

قطب نما فیلیپس ارائه می دهد.

جدول ۱ - حس گرهای MR فیلیپس برای کاربردهای قطب نما

حس گر ۱ یا ۲ بُعدی
ولتاژ تأمین توصیه شده
حساسیت معمولی
ولتاژ تغییر
دامنه میدان قابل کاربرد
سیم پیچ های یکپارچه نصب / نصب دوباره برای ضربه کوتاه
سیم پیچ های یکپارچه جبران کننده

۱ - به این ترتیب، حس گر ۱۶mv را در هر ولتاژ تأمین v و در هر مقاومت میدان KA/m انتقال

می دهد.

۲ - به این ترتیب، بیشترین ولتاژ تغییر ۱/۵mv ± در هر ولتاژ تأمین انرژی v است.