l

آزمایشگاه فیزیک پایه 2

**گزارش کار آزمایش شماره 3**

**« اندوکتانس »**

**گروه 5**

محمدرضا مهدیه

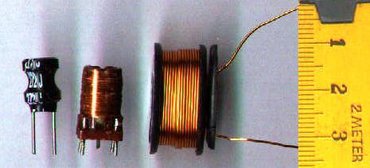
**تاریخ آزمایش :**  6/9/1390

**تاریخ تحویل گزارش کار:** 20/9/1390

**استاد:** آقای علی محمد نیکو

**تئوری آزمایش:**

# سلف

**سلف یک عنصر غیر فعال الکترونیکی است که می تواند** [**انرژی الکتریکی**](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C_%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C&action=edit&redlink=1) **را در مجاورت یک هادی و در داخل یک** [**میدان مغناطیسی**](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D9%85%DB%8C%D8%AF%D8%A7%D9%86_%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%DB%8C%D8%B3%DB%8C) **که به وسیله جریان الکتریکی موجود در هادی به و جود آمده، ذخیره کند. توانایی سلف برای ذخیره انرژی ضریب خود القایی گفته می شود و واحد آن نیز هانری می باشد.**

**[](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:Induct-1.jpg)یک سلف ایده آل دارای خود القایی است، اما** [**مقاومت**](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%88%D9%85%D8%AA) **اهمی و خاصیت خازنی نداشته و انرژی را نیز تلف نمی کند. یک سلف واقعی را می توان معادل ترکیبی از مقداری خود القایی، مقداری مقاومت اهمی ناشی از مقاومت سیم و کمی نیز خاصیت خازنی در نظر گرفت. در یک فرکانس خاص که معمولاً خیلی بالاتر از فرکانس کار سلف قرار دارد، یک سلف واقعی رفتاری به مانند یک مدار رزونانس خواهد داشت. ( این حالت ناشی از خاصیت خازنی موجود در سلف می باشد ). سلف های دارای هسته مغناطیسی علاوه بر اتلاف انرژی در مقاومت اهمی سیم، ممکن است مقداری تلفات نیز در هسته خود داشته باشند که آن را تلفات هیسترزیس می نامند. همچنین در جریان های زیاد به دلیل غیر خطی بودن، ممکن است تقاوت های دیگری را نیز در مقایسه با رفتار یک سلف ایده ایده آل از خود نشان دهد.**

# بررسی فیزیکی

**خود القایی ( با واحد هانری ) در اثر شکل گیری میدان مغناطیسی حول یک حامل هادی جریان به وجود می آید و همواره با تغییرات جریان در هادی مقابله می کند. جریان الکتریکی در هادی ، یک شار مغناطیسی متناسب با جریان می سازد. بروز یک تغییر در این جریان موجب تغییر در شار مغناطیسی می شود که طبق قانون فارادی یک نیروی محرکه الکتریکی ( EMF ) در جهت عکس تولید کرده و این نیرو در مخالفت با این تغییر به وجود آمده، عمل می کند. ضریب خود القایی مقیاسی است برای اندازه گیری مقدار EMF تولید شده در ازای یک واحد تغییر در جریان. برای مثال یک سلف با ضریب خود القایی یک هانری، به ازای تغییر جریان با نرخ 1 آمپر بر ثانیه، 1 ولت EMF تولید می کند. تعداد حلقه ها، اندازه هر حلقه و جنس سیم پیچیده شده، همگی در خود القایی سلف مؤثرند. مثلاً شار مغناطیسی پیوندی میان حلقه ها می تواند با پیچیدن هادی به دور ماده ای با ضریب نفوذ پذیری بالا مانند آهن افزایش پیدا کند. این کار می تواند فرکانس را تا 2000 برابر افزایش دهد.**

# مدل هیدرولیکی

**جریان الکتریکی را می توان با استفاده از یک تشبیه هیدرولیکی مدل سازی کرد. یک سلف را می توان به صورت یک چرخ طیار که تحت تاثیر یک توربین سنگین آبی می چرخد، تصور نمود. در ابتدا که جریان آب برقرار می شود، توربین در حالت ایستا قرار داشته و تا زمانی که کاملاً شروع به چرخش نکرده است، در برابر جریان آب ( جریان الکتریکی ) سد ایجاد می کند و فشار زیادی ( ولتاژ ) را در جهت عکس به وجود می آورد. همچنین زمانی که توربین در حال چرخش است، اگر وقفه ای ناگهانی در جریان آب به وجود آید، توربین همچنان با اینرسی به چرخش خود ادامه می دهد و فشار زیادی را در جهت ادامه یافتن جریان اعمال می کند.**

## ساختمان سلف

**[](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:Induct-2.jpg)یک سلف معمولاً از یک سیم پیچ ساخته شده از یک ماده هادی - معمولاً سیم مسی – که بر روی هسته ای از هوا یا ماده ای فرومغناطیسی پیچیده شده، ساخته می شود. مواد تشکیل دهنده هسته با ضریب نفوذپذیری بیشتر از هوا، میدان مغناطیسی را افزایش داده و آن را کاملاً در سلف محبوس می کنند و به این وسیله باعث افزایش خود القایی می شوند. به منظور جلوگیری از ایجاد جریان گردابی، سلف های فرکانس پایین مانند ترانسفورماتور ها با هسته هایی از فولاد ورقه ورقه شده ساخته می شوند. در فرکانس های بالاتر از صوت،** [**فريت**](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D9%81%D8%B1%D9%8A%D8%AA) **های نرم به طور گسترده ای به عنوان هسته مورد استفاده قرار می گیرند زیرا بر خلاف آلیاژ های معمولی آهن که در فرکانس های بالا انرژی زیادی را تلف می کنند، تلفات زیادی ندارند و این به دلیل منحنی هیسترزیس باریک آن ها می باشد و اینکه مقاومت اهمی این نوع هسته ها از برقراری جریان گردابی جلوگیری می کند. سلف ها در شکل های مختلفی موجود می باشند. بیشتر آن ها به شکل یک سیم عایق شده ( سیم لاکی ) که بر روی یک بوبین از جنس فریت پیچیده شده است و دو سر سیم ها در بیرون آن آزاد هستند، ساخته می شوند و حال آنکه در بعضی دیگر، سیم پیچ به طور کامل در فریت قرار می گیرد که این گونه سلف ها را حفاظت شده ( shielded ) می نامند. دسته ای از سلف ها دارای هسته متغیر می باشند که این امکان، قابلیت تغییر دادن ضریب خودالقایی سلف را فراهم می سازد. گاهی برای مانع شدن از عبور فرکانس های بسیار بالا، سلف ها را به صورت یک استوانه از جنس فریت ساخته و بر روی سیم ( طوری که سیم از میان آن عبور کند ) قرار می دهند.**

## مشخصه هاي سلف

## خودالقايي

**مهم ترين مشخصه سلف ، خود القايي آن مي باشد . خود القايي يك سلف مخالفت آن سلف را در مقابل تغيير جريان الكتريكي نشان مي دهد .**

## كيفيت

**يك سلف با طول معيني از يك سيم هادي ساخته مي شود . بنابراين داراي مقاومت نيز مي باشد. بنابراين يك سلف واقعي از يك سلف ايده آل و يك مقاومت سري با آن تشكيل شده است . كيفيت يك سلف نسبت** [**راكتانس**](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%B1%D8%A7%D9%83%D8%AA%D8%A7%D9%86%D8%B3) **سلف به مقدار مقاومت آندر فركانسي خاص مي باشد .**

## ماكزيمم فركانس كاري ( فركانس رزنانس )

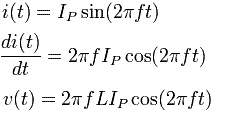
**با افزايش فركانس ، راكتانس سلف افزايش مي يابد. در عمل اين افزايش در امپدانس سلف تا فركانس مشخصي صورت مي گيرد و از اين فركانس به بالا اثر خازن هاي پراكنده در سلف ظاهر مي گيردد و امپدانس سلف كاهش مي يابد .**

## بررسی سلف در مدار های الکتریکی

**یک سلف با تغییرات جریان مخالفت می کند. سلف ایده آل در برابر جریان ثابت نباید از خود مقاومت نشان دهد اما به هر حال تنها مقاومت سلف های ساخته شده از ابررسانا ها می تواند صفر باشد. در حالت کلی، رابطه میان ولتاژ متغیر با زمان V(t) در یک سلف با اندوکتانس L و با جریان متغیر با زمان i(t) به صورت یک معادله دیفرانسیل بیان می شود:**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/4/40/L-1.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-1.GIF)**

**وقتی که یک جریان متناوب سینوسی ( AC ) از سلف می گذرد، یک ولتاژ سینوسی در آن القا می شود. دامنه ولتاژ متناسب است با حاصلضرب دامنه جریان (IP ) و فرکانس جریان ( f ).**

**[](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-2.GIF)**

**در این حالت، فاز جریان، 90 درجه از ولتاژ عقب تر است. اگر یک سلف به وسیله یک مقاومت با مقدار R به یک منبع جریان DC متصل شود، و سپس منبع جریان اتصال کوتاه گردد، رابطه دیفرانسیلی زیر نشان می دهد که جریان گذرنده از سلف، به صورت یک منحنی نمایی نزولی دشارژ می شود:**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/8/87/L-3.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-3.GIF)**

**آنالیز مدار در حوزه لاپلاس وقتی در تحلیل مدار از تبدیل لاپلاس استفاده می شود، تبدیل امپدانس یک سلف ایده آل بدون جریان اولیه در حوزه s به صورت زیر نشان داده می شود:**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/7/72/L-4.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-4.GIF)**

**L مقدار امپدانس و S فرکانس مختلط می باشد. اگر سلف جریان اولیه داشته باشد، آن را می توان به صورت های زیر نشان داد: 1-اضافه کردن یک منبع ولتاژ سری شده با سلف با مقدار زیر**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/6/66/L-5.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-5.GIF)**

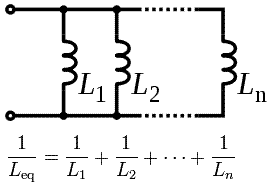
**(به یاد داشته باشید که پلاریته منبع بر خلاف جهت جریان اولیه باشد)**

**2- با اضافه کردن یک منبع جریان موازی با سلف با مقدار زیر:**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/1/13/L-6.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-6.GIF)**

**L مقدار امپدانس و I0 جریان اولیه سلف می باشد**

## شبکه های سلفی

**[](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-7.GIF)سلف ها در یک آرایش موازی که همگی اختلاف پتانسیل ( ولتاژ ) یکسانی دارند. اندوکتانس معادل (Leq ):**

**جریان در سلف های سری شده یکسان است، اما ولتاژ هر کدام از آن ها می تواند متفاوت باشد. مجموع اختلاف پتانسیل ها برابر است با ولتاژ کل.**

## [http://www.eca.ir/wiki/images/c/cf/L-8.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-8.GIF)اندوکتانس معادل:

**این روابط ساده، تا زمانی درست هستند که القای مغناطیسی متقابل بین سلف ها وجود نداشته باشد.**

### انرژی ذخیره شده:

**انرژی ذخیره شده در سلف، برابر است با مقدار کار مورد نیاز برای برقراری جریان در سلف و ایجاد میدان مغناطیسی. و از رابطه زیر به دست می آید:**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/1/19/L-9.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-9.GIF)**

## عملکرد در RF

**در فرکانس های بالا، سلف های واقعی دارای اجزای پارازیتی می باشند و این باعث کاهش کارایی آن ها می شود. سیمی که سلف از آن ساخته شده است، دارای مقاومت اهمی بوده و این مقاومت، ضریب Q را کاهش می دهد. ظرفیت خازنی میان حلقه های سلف، باعث تغییر در عملکرد الکتریکی در نزدیکی فرکانس رزونانس سلف می شود. یک سلف را می توان در RF، با یک سلف ایده آل سری شده با یک مقاومت و یک خازن موازی شده با این دو المان نشان داد.**

## ضریب Q

**یک سلف ایده آل، بدون در نظر گرفتن اندازه جریان موجود در سیم پیچی، فاقد تلفات می باشد. هر چند سلف های معمولی دارای مقاومت اهمی ناشی از فلز سیم پیچی هستند. از آنجایی که مقاومت سیم پیچی همانند یک مقاومت سری شده با سلف به نظر می رسد، معمولاً مقاومت سری نامیده می شود. مقاومت سری شده با سلف، جریان الکتریکی داخل سیم پیچ را به حرارت تبدیل می کند و به این ترتیب باعث افت کیفیت خودالقایی می شود. ضریب کیفیت ( یا Q ) یک سلف، نسبت رآکتانس سلفی به مقاومت اهمی در یک فرکانس معین بوده و معیاری برای سنجش بازدهی آن می باشد. هر قدر میزان ضریب کیفیت سلف بالاتر باشد، به رفتار یک سلف ایده آل و بدون تلفات نزدیکتر می شود. ضریب Q یک سلف، از طریق فرمول زیر به دست می آید که در آن R مقاومت الکتریکی داخلی و ωL رآکتانس سلفی و یا خازنی در فرکانس رزونانس می باشد.**

**[http://www.eca.ir/wiki/images/5/57/L-10.GIF](http://www.eca.ir/wiki/index.php?title=%D8%AA%D8%B5%D9%88%DB%8C%D8%B1:L-10.GIF)**

**با استفاده از یک هسته فرومغناطیسی، با همان میزان مس، خود القایی به شدت افزایش پیدا می کند. به هر حال هسته ها تلفاتی را که با افزایش فرکانس بیشتر می شوند، کاهش می دهند. نوع ماده هسته، برای بدست آوردن بهترین نتیجه در باند فرکانسی مورد نظر انتخاب می شود. در VHF یا فرکانس های بالاتر، از هسته هوا استفاده می شود. ممکن است در جریان های بالا، به دلیل کاهش چشم گیر خود القایی، سلف های پیچیده شده بر روی یک هسته فرومغناطیسی به اشباع روند. با استفاده از هسته هوا، می توان از این پدیده جلوگیری نمود. یک سلف با هسته هوا و با طراحی مناسب، می تواند دارای ضریب کیفیت برابر با چند صد باشد. یک سلف تقریباً ایده آل ( با Q میل کننده به سمت بی نهایت ) را می توان با غوطه ورکردن یک سیم پیچ ساخته شده از آلیاژ ابر رسانا در هلیوم مایع و یا نیتروژن مایع ساخت. این کار، سیم را فوق العاده خنک کرده و باعث از بین رفتن مقاومت اهمی سیم پیچ می شود. زیرا یک سلف ساخته شده از ابررسانا، واقعاً بدون تلفات بوده و می تواند مقدار زیادی انرژی الکتریکی را درون میدان مغناطیسی احاطه کننده، ذخیره کند.**

## دلیل به وجود آمدن راکتانس در سلف

**باید نخست توضیحات مختصری در مورد اینکه سلف در جریانات ac چه عکس العملی دارد را گفت.در جریانات ac سلف در اطراف خود یک میدان درست می کند که این میدان بر خود آن هم اثر می گذارد و هر نقطه از سلف تحت تاثیر آن میدان قرار می گیرد.سلف در این حالت مانند کسی است که هم اطراف خود راآتش می زند و هم خود را.بر اثر این میدان یک جریان الکتریکی در سلف به وجود می آید که با جریانی که از منبع وارد سلف می شود اختلاف فاز دارد و این اختلاف فاز ،هر دو جریان را در مقابل هم قرار می دهد،که این ،در مقابل هم قرار گرفتن، یعنی سد کردن راه همدیگر(طبق قانون رانش بارهای هم نام) .و تعیین شدّت جریان حاصله از میدان در سیم پیچ بستگی دارد به جریان منبع و ضریب خود القایی سلف.در این میان هر چه ضریب خود القایی و فرکانس یا هر دوی آنها بیشتر باشد، جریان حاصله از تاثیر میدان بر سیم پیچ هم بیشتر خواهد بود . هر چه جریان حاصله از میدان بیشتر باشد،توان ایستادگی در برابر جریان منبع را بیشتر دارد و از عبور الکترون های بیشتری جلوگیری می شود و به دلیل اینکه در سلف مانند مقاومت برای کاهش جریان تلفات صورت نمی گیرد(از تلفات جزئی صرف نظر می کنیم در این بیان و کلّی می گوییم)به این مقاومت آن مقاومت ظاهری گویند یا همان راکتانس.**

**وسایل آزمایش:**

**برد ، مقاومت 1kΩ ،سیم رابط، سیم پیچ های 500 و 1000 دور ، هسته ترانفور ماتور، مولتی متر ، منبع تغذیه مستقیم، فانکشن ژنراتور ، لامپ 110 ولت.**

**شرح عملی آزمایش:**

**قسمت1) خاصيت خوى القايي هنگام قطع مدار:**

**ابتدا مداری مطابق شکل روبرو بسته شد سپس به آن ولتاژ 10 ولت مستقیم اعمال شد.سپس کلید k قطع شد و مشاهده شد که در هردو هنگام قطع و وصل شدن لامپ جرقه ای(یک لحظه کوتاه روشن می شود) می زند. دلیل این امر مسلماً به خاطر جریان خودر القا می باشد یعنی هنگام قطع و وصل شدن مدار جریانی در خود سیم پیچ و یا مدار به وجود می آید که با عامل کاهش ولتاژ مخالفت می کند پس جریانب در مدار بوجود می آید که این جریان همان جریان خود القا می باشد.**

**این آزمایش هم برای سیم پیچ 500 دور و هم 1000 دور انجام شد ولی در حالتی که سیم پیچ 1000 دور شد چراغ به صورت پر نورتر چشمک زد و دلیل آن به خاطر بزرگ بودن طول مدار می باشد و به مراتب ایجاد جریان خود القا قوی تر می باشد.**

**قسمت 2) سیم پیچ در جریان متناوب:**

**مداری به صورت شکل خواسته شده بسته شد و برای فرکانس های 1 تا 10 کیلو هرتز در قدم های 1 کیلو هرتز انجام شد .البته در تمامی این موارد ولتاژ همواره برابر 3ولت نگه داشته شد.در هر مرحله ولتاژ خازن و سلف جداگانه اندازه گیری و در جدول (1) ثبت شد. وهم چنین تمامی این موارد برای هر دو سلف 500 و1000دور به طور جداگانه انجام شد. سپس نمودار XL بر حسب فرکانس برای هر دو سلف نیز رسم و به ضمیمه کار پیوست شد.**

**قسمت3) اتصال سری و موازی سیم پیچ ها:**

**دو مدار خواسته شده ،هر کدام را به طور جداگانه بسته شد و به آنها فرکانس 5KHZ اعمال شد. مقادیر ولتاژ خازن و ولتاژ مقاومت محاسبه و در جدول (2) ثبت شد.**

**جداول:**

N=500

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **10** | **9** | **8** | **7** | **6** | **5** | **4** | **3** | **2** | **1** | **f(KHZ)** |
| **1.66** | **1.76** | **1.88** | **2** | **2.14** | **2.30** | **2.46** | **2.57** | **2.70** | **2.80** | **VR(v)** |
| **2.31** | **2.23** | **2.14** | **2.2** | **1.88** | **1.72** | **1.51** | **1.22** | **0.907** | **0.499** | **VL(v)** |
| **0.00166** | **0.00176** | **0.00188** | **0.002** | **0.00214** | **0.0023** | **0.00246** | **0.00257** | **0.0027** | **0.0028** | **I=VR/R** |
| **1391.566** | **1267.045** | **1138.298** | **1100** | **878.5047** | **747.8261** | **613.8211** | **474.7082** | **335.9259** | **178.2143** | **XL=VL/I** |

N=1000

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **10** | **9** | **8** | **7** | **6** | **5** | **4** | **3** | **2** | **1** | **f(KHZ)** |
| **0.62** | **0.69** | **0.77** | **0.87** | **0.99** | **1.16** | **1.39** | **1.68** | **2.07** | **2.54** | **VR(v)** |
| **2.85** | **2.83** | **2.81** | **2.77** | **2.73** | **2.68** | **2.58** | **2.33** | **2.06** | **1.340** | **VL(v)** |
| **0.00062** | **0.00069** | **0.00077** | **0.00087** | **0.00099** | **0.00116** | **0.00139** | **0.00168** | **0.00207** | **0.00254** | **I=VR/R** |
| **4596.774** | **4101.449** | **3649.351** | **3183.908** | **2757.576** | **2310.345** | **1856.115** | **1386.905** | **995.1691** | **527.5591** | **XL=VL/I** |

**جدول های (1)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **موازی** | **سری** | **نوع اتصال** |
| **2.47** | **0.74** | **VR** |
| **1.42** | **2.81** | **VL** |
| **0.00247** | **0.00074** | **I=VR/R** |
| **525.9** | **3797.3** | **XL=VL/I** |
| **0.016748** | **0.120933** | **L=XL/ω** |

**جدول (2)**

**محاسبات و خطاها:**

**قسمت 2)**

**برای n=500 داریم:**

**شیب خط کمترین شیب :**

**شیب خط بهترین شیب :**

**شیب خط بیشترین شیب :**

**برای n=1000 داریم:**

**شیب خط کمترین شیب :**

**شیب خط بهترین شیب : 452.13**

**شیب خط بیشترین شیب :**

**20.48**

**32.93**

**قسمت 3)**

**باتوجه به اینکه فرکانس 5KHZ می باشد مقدار ω برابر است با:**

**ω=2πf ⇒ω=2\*3.14\*5000=31400**

**دیگر موارد خواسته شده براحتی و باکمک رابطه های آمده در جدول قابل محاسبه است.**

**حال برای محاسبه ی خطای L داریم:**

**پرسشها:**

1. **با مقادیر L بدست آمده در آزمایش توضیح دهید که چرا رسم منحنی های شارژ و دشارژ سلف به روش مستقیم (اندازه گیری جریان لحظه ای سلف) تا اندازه ای مشکل است؟**

**با توجه به ثابت زمانی بدست آمده آنقدر این ثابت زمانی کوچک است که نمی توان عملاً آنرا محاسبه کرد و همچنین مقدار جریان را درصورتی که بخواهیم عملی بدست آوریم مقدار خطا نیز افزایش می یابد.**

1. **آیا وجود یا عدم وجود هسته تاثیری در آزمایش دارد؟ توضیح دهید.**

**بله زیرا مقدار ضریب خود القا به هسته، تعداد دور سیم پیچ و طول آن رابطه دارد که با تغییر هسته مقدار L نیز تغییر خواهد کرد.**

1. **آیا شکل هسته تاثیری در مقدار L دارد؟ توضیح دهید.**

**با توجه به رابطه L=μN2A/l پس در صورتی تغییر شکل هسته به گونه ای که به مساحت آن تغییری ایجاد شود پس در ضریب خود القا نیز تاثیر دارد.**