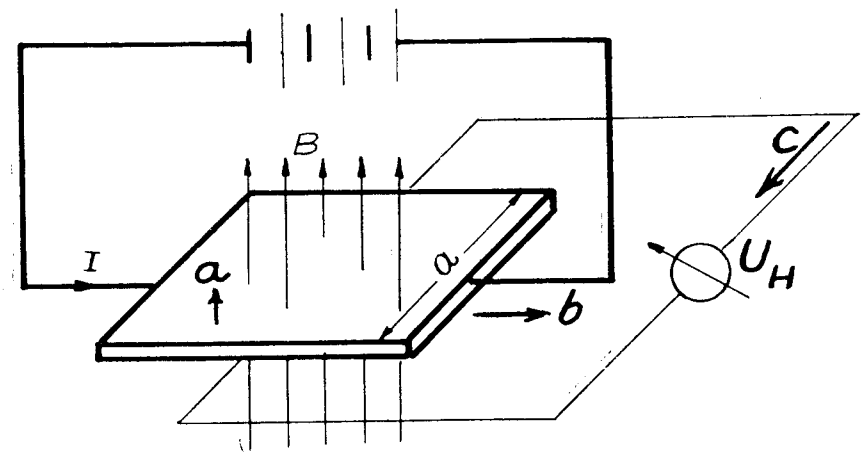
اثر هال «Hall effect»

دکترمهندس محمدقلی ـ محمدی
دانشیار دانشکده فنی

شناسائی پدیدهٔ فیزیکی هال ـ مولدهال وساختمان سادهٔ آن ـ تحولی که باساختمان مولد هال درسالهای اخیر در فن اندازه‌گیری الکتریکی بوقوع پیوسته است

ادوین هال[1] فیزیک دان امریکائی توانست در طول تحقیق های خود بر روی میدان های مغناطیسی و الکتریکی پدیدهٔ فیزیکی زیر را درسال ۱۸۷۹ کشف وبیان کند.

هرگاه قطعه فلزی در میدان مغناطیسی‌ای با امتداد a قرارگیرد (شکل ۱) ودرجهت b جریان الکتریکی I ازآن عبور کند برروی دوسرآن درجهت c اختلاف سطحی الکتریکی بوجود میآید. جهت‌های a و b و c بریکدیگر عمود میباشند.



شکل ۱

این پدیدهٔ فیزیکی که بنام کاشف آن هال معروف گشت بعلتی که بعداً بیان میگردد چندین دهسال بدست فراموشی سپرده شد.

۱ - ادوین هال Edwin - Hall فیزیک‌دان امریکائی درسال ۱۸۵۵ متولد گردید ودرسال ۱۹۳۸ وفات یافت

با پیدا کردن نیمه هادیهای ایندیوم آنتیمونید (In Sb) وایندیوم آرسنید (In As) (که بجای قطعه فلز بالا مورد استعمال قرار میگیرند) بوسیله ولکر —w—welker— وهمکارانش راه استفاده از اثر هال درچند سال اخیر درصنعت الکتروتکنیک واندازه گیری بسیاری از کمیت‌های الکتریکی بازگردید بنحوی که در پنج سالهٔ اخیر باساختن دستگاه کوچکی برروی اصل این پدیدهٔ فیزیکی که بنام هال مشهور گردیده (شکل ۱) راه نوی در اندازه گیری الکتریکی بازگردیده است فشار الکتریکی U_H را (فشار الکتریکی هال) که دربالا ذکر گردید میتوان بطریقهٔ زیرمحاسبه کرد.

$$U_H = \frac{B \cdot I}{d} \cdot R_H \qquad (۱)$$

در رابطهٔ بالا :

B ـ شدت میدان مغناطیسی

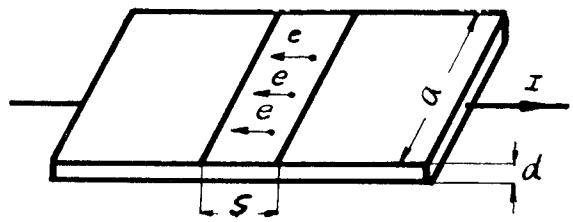
I ـ شدت جریان الکتریکی

d ـ ضخامت هادی (شکل ۲)

و R_H ـ عدد ثابت هال است که تابعی ازجنس هادی میباشد.

بیان علت فیزیکی این پدیده نیز آسان‌است زیرا میدانیم که اگر میدانی مغناطیسی را عمود برمسیر حرکت الکترونها بگذاریم الکترونها از مسیراصلی‌خود منحرف شده وبر اثرآن از یک سمت‌هادی الکترونهای بیشتری میکذرند تا ازسمت دیگر وبدین‌نحو بین دوسرهادی اختلاف سطح الکتریکی‌ای بوجودمیآید. درزیر مقداراین اختلاف سطح الکتریکی راکه درمعادله (۱) نشان دادیم محاسبه میکنیم :

از قطعه‌هادی نشان داده شده در (شکل ۲) جریان I میگذرد. بنابراین برروی سطح این هادی الکترونهای آزاد درجهتی مخالف جهت جریان I (جهت قراردادی) به‌حرکت میآیند.



شکل ۲

حرکت الکترونها را درطول انتخابی S بررسی میکنیم. شدت جریان I عبارت است از :

$$I = \frac{Q_1}{t} \qquad (۲)$$

در این رابطه :

Q_1 عبارت از مجموعه بار الکتریکی الکترون‌های موجود درطول S و t مدت زمان گذشتن جریان از این طول میباشند

بنابراین سرعت حرکت الکترونها درطول S عبارت خواهد بود از :

$$v=\frac{S}{t} \qquad (۳)$$

بعلاوه قطعه هادی بطول S دارای حجمی مساوی :

$$V=S \cdot d \cdot a \qquad (٤)$$

خواهد بود. a و s و d طول ضلعهای مکعب مستطیل میباشند اکنون اگر بارالکتریکی الکترون را با e و تعداد الکترونها را در واحد حجم با n نمایش دهیم رابطهٔ زیر را میتوانیم بنویسیم

$$n \cdot e=\frac{Q}{V} \qquad (٥)$$

از چهار رابطه بالا میتوان به آسانی سرعت الکترون را محاسبه کرد.

$$v=\frac{I}{n \cdot e \cdot d \cdot a} \qquad (٦)$$

هادی نامبرده شده در بالا را در میدانی مغناطیسی که جهت تأثیر آن عمود برامتداد حرکت الکترونها است واردمیکنیم ، نیروی‌وارده از میدان‌مغناطیسی B برروی الکترونها که‌سرعتی برابر v دارندمساوی‌خواهدبود با

$$K_n = e \cdot v \cdot B$$

تحت تأثیر این نیر والکترون از مسیر مستقیم خود منحرف شده و مسیری منحنی خواهد پیمود و چنانکه در بالا نیز بیان داشتیم این انحراف‌دردوسمت‌هادی‌میدانی الکتریکی باشدت E_H میسازد. این میدان‌الکتریکی به سهم خود برروی الکترونها نیروئی درجهت عکس نیروی مغناطیسی وارد میسازد که مقدار آن مساوی است با :

$$K_e=e \cdot E_H$$

در حالتیکه این دو نیرو مساوی شوند حالت‌تعادلی درهادی ایجاد میشود. دراین حالت الکترونها ازمسیر مستقیم منحرف شده‌اند و موازی باهم مسیری قوسی را می‌پیمایند. از تساوی نیروها میتوان شدت میدان الکتریکی را بدست آورد

$$E_H =v \cdot B$$

وبا درنظرگرفتن معادلهٔ(٦) شدت میدان الکتریکی برابر خواهد بود با

$$E_H=\frac{I \cdot B}{n \cdot e \cdot d \cdot a} \qquad (۷)$$

وچون شدت میدان الکتریکی مساوی اختلاف سطح الکتریکی در واحد طول است میتوان چنین نوشت

$$E_H =\frac{U_H}{a}$$

a امتدادی است عمود بر I و B که الکترون‌ها در امتداد آن منحرف میشوند (شکل ۲) با استفاده از دو معادلهٔ ۷ و ۸ اختلاف سطح الکتریکی ایجاد شده در دوسمت هادی عبارت خواهد بود از :

$$U_H = \frac{B \cdot I}{d} \cdot \frac{1}{n.e} \qquad (۹)$$

مقایسه‌ای بین معادله ۹ و ۱ نشان میدهد که عدد ثابت هال مساوی خواهد بود با

$$R_H = \frac{1}{n.e}$$

بعلاوه رابطه ۹ نشان میدهد که برای بالا بردن اختلاف سطح الکتریکی U_H در حالیکه میدان مغناطیسی وشدت جریان ثابت بمانند باید :

۱ - هادی با ضخامت کم انتخاب بشود (d کوچک)

۲ - عدد ثابت هال در هادی انتخاب شده بزرگ باشد.

۳ - تعداد الکترون‌های آزاد در واحد حجم ویا بعبارت دیگر غلظت الکترونی کم باشد

٤ - عدد ثابت هال جسم هادی و مقاومت مخصوص آن تا حدود نسبتاً زیادی در حرارت‌های مختلف ثابت بمانند.

فلزهائی که در الکتروتکنیک بکار برده میشوند برای استفاده دراین مورد مناسبت نمیباشند زیرا مقدار الکترون‌های آزاد آنها در واحد حجم خیلی زیاد است و بنابراین عدد ثابت هال در آنها کوچک میباشد مثلاً عدد ثابت درمس

$$R_H = ۵٫۳ \times ۱۰^{-۵} \frac{cm^۳}{A.S}$$

است. عدد ثابت هال در سایر فلزها نیز در همین حدود میباشد. درصورتیکه عدد ثابت هال در بعضی از نیمه هادیها خیلی بزرگتر است. امروزه از انیدیوم ارسنید (InAs) ویا ایندیوم آنتیموینید (InSb) استفاده میکنند که عدد ثابت‌هال آنها در حدود ۱۲۰ تا ۲٤۰ است. بدین ترتیب دیده میشود که ناشناخته ماندن نیمه هادیها تا سالهای اخیر علت اصلی عدم توجه به اثرهال بوده است.

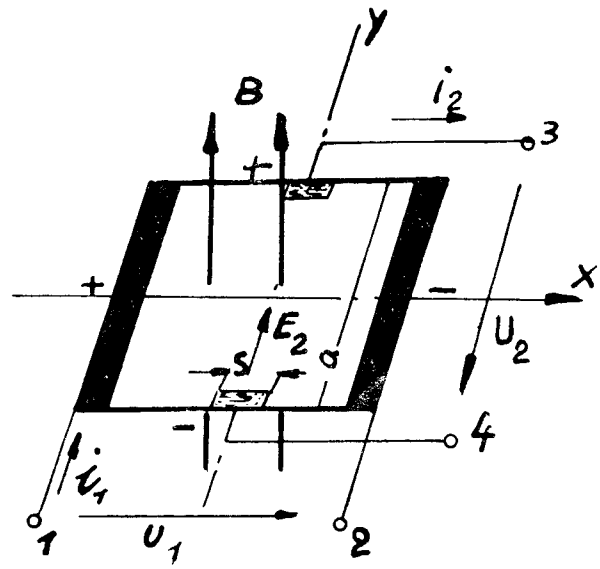
بررسی مولد هال بکمک تئوری چهار قطبی

اساس ساختمان مولد هال را دربالا شناختیم. درعمل قطعه‌ای نیمه هادی انتخاب میکنیم وجریان مولد را بوسیلهٔ دو الکترودی که درتمامی عرض (a) کشیده شده اند به نیمه هادی انتقال میدهیم وازاین راه مانع از آن میگیردیم که شدت جریان در هر میلیمتر مربع در نزدیکی نقطه‌اتصال سیم هادی به صفحه‌نیمه هادی از حد مجاز خود زیادتر گردد وبهمراه خود دراطراف نقطه اتصال حرارتی اضافی ایجاد نماید. بدیهی است که این تغییر شکل الکترود تناسب نیمه هادی به پهنای آن‌را که باید بسیار بزرگ انتخاب میگردید در حدمعینی محدود میسازد که در عمل آن‌را به دلیل بالا تحمل میکنیم. (شکل ۳)

فشار الکتریکی دو دوسر مولدهال که زائیده نیروی الکتروموتوری ایجاد شده در نیمه‌هادی است برابر است با

$$E_2 = E_H = K_0 \cdot I_1 \cdot B$$

ضریب K_0 تابعی از شکل هندسی الکترودها ، جنس نیمه هادی و حوزهٔ مغناطیسی B میباشد. ضریب K_0



شکل ۳ - اولیه هال

را **ضریب حساسیت مدار باز ژنراتور مینامیم**. اکنون چنانچه الکترودهای جریان تحریک ونیروی الکتروموتوری‌هال را عوض کنیم (چنانچه درشکل ۳ و ٤ دیده میشود) مجدداً اختلاف سطح الکتریکی‌هال در سیستم نشان‌داده شده (شکل ٤) ایجاد میگردد بااین تفاوت که اکنون این اختلاف سطح الکتریکی‌دربین الکترودهای ۱ و ۲ بجای ۳ و ٤ خواهد بود. چنانچه خود را در دستگاه سادهٔ متقارن محورهای x و y، محدود کنیم نیروی الکترو موتوری‌ایجاد شده E_1 را خواهیم داشت که بعلت عوض کردن محل‌الکترودها مقدارش برابر :

$$E_1 = K_0 \cdot I_2 \cdot B \qquad (11)$$

خواهد بود.

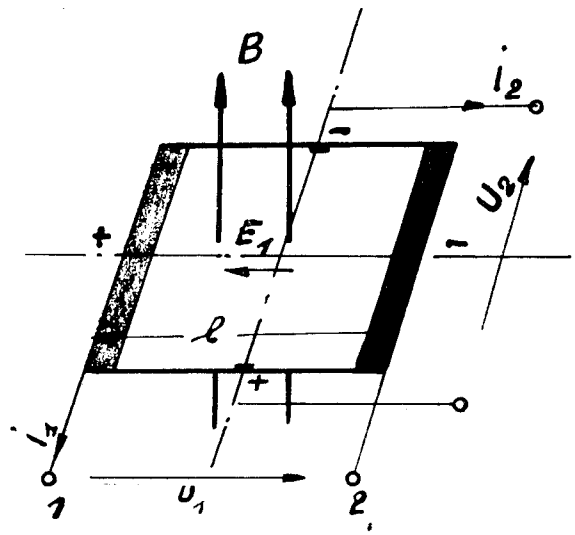
بنابر آنچه ذکر گردید میتوانیم با تکیه کردن بریک سیستم الکتریکی بناشده برمحورهای عمود برهم از دو طریق اثر هال را بوجود آوریم.

طریقهٔ اول (شکل ۳)که در آن جریان تحریک بوسیله دو الکترود که بدین منظورساخته شده‌اند به نیمه‌هادی رسانده میشود و آن را اولیهٔ اثرهال [۱] نام میدهیم. نیروی الکتروموتوری ایجاد شده را نیز منطقاً نیروی الکتروموتوری اولیهٔ هال [۲] E_2 مینامیم. در طریقه دوم ، نشان داده شده در شکل ٤ که‌جای

۱ - Primaerer Halleffect

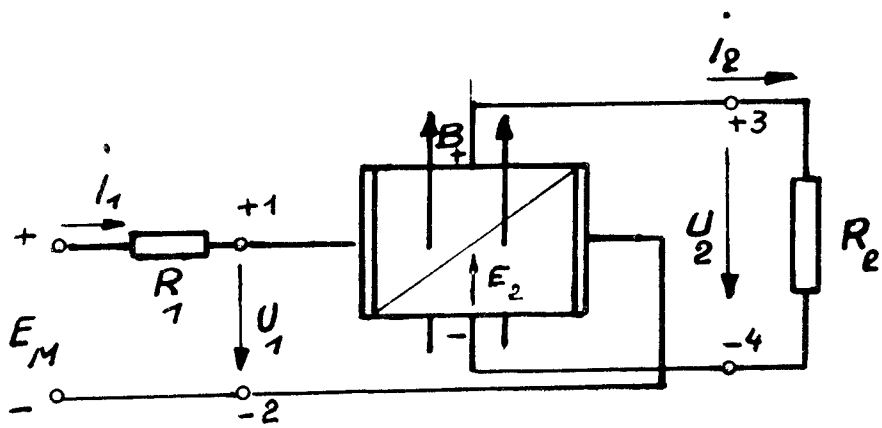
۲- Primaere Hall - $EMK_1 - E_2$

الکترودها عوض شده‌است از «تانویهٔ اثرهال[1]» و «نیروی الکتروموتوری ثانویهٔ هال» E_1 صحبت میداریم



شکل ٤ – ثانویه اثرهال

در شکل ٥ مولد هال با مدار اولیه که عبارت از مدار تحریک باشد و از مولد جداگانه‌ای با نیروی الکتروموتوری E_M تغذیه میگردد دیده میشود. مدار ثانویه فشار الکتریکی هال را بر روی مقاومت خارجی R_2 میگذارد. به آسانی قابل درك است که برای این دومدار (باصطلاح مدار و رودی وخروجی) رابطه‌های چهار قطبی صادق‌است و آن ها را چنین مینویسیم :



شکل ٥ – مدار الکتریکی مولد هال

$$U_1 = R_{1L}\, I_1 + K_0 B I_2$$

(۱۲)

$$U_2 = K_0 B I_1 - R_{2L}\, I_2$$

که در آن :

۱– Sekundaerer Halleffect

R_{1L} مقاومت سمت اولیه در مدار باز

R_{2L} : مقاومت سمت ثانویه در مدار باز مولدهال‌می باشند منحنی مشخصهٔ مولد هال درحال کار با تکیه به این رابطه‌ها بوسیلهٔ سه کمیت R_{1L} و R_{2L} و K_0 تعیین میگردندومقدارشان تابعی از شدت‌میدان مغناطیسی B خواهدبود. مقدار مقاومت‌های‌مدار باز بأزای شدت میدان مغناطیسی (B_0) — R_{1L0} و R_{2L0} خواهد بود .

تغییر مقاومتهای r_{1L} و r_{2L} را برحسب مقاومت مدار باز بعنوان تابعی از شدت میدان مغناطیسی بوسیله رابطه‌های زیرنشان‌میدهیم :

$$r_{1L}(B)=\frac{R_{1L}(B)}{R_{1L0}}$$

$$r_{2L}(B)=\frac{R_{2L}(B)}{R_{2L0}} \qquad (۱۳)$$

(مقدارهای r_{1L} و r_{2L} همان مقاومت‌های‌مدار باز رابعنوان‌تابع B نشان میدهند).

مقدار k_0 نیز که آن را حساسیت مولد هال درمدار باز نامیدیم چنانکه در بالانیز اشاره شد تابعی ازبعدهای هندسی صفحهٔ نیمه‌هادی‌وشدت‌میدان مغناطیسی B میباشدبنابراین :

$$k_0=k_0\left(\frac{l}{a}\,;\,\frac{S}{l}\,;B\right) \qquad (۱۴)$$

و اگر ضریب k_∞ را حساسیت‌مولدبرای نیمه هادی باطول بزرگ $l \gg a$ بدانیم و آنوقت ضریب حساسیت k_0 را با این واحددر رابطه قرار دهیم چنین خواهیم داشت :

$$G\left(\frac{l}{a}\,;\,\frac{s}{l}\,;B\right)=\frac{k_0\left(\frac{l}{a}\,;\,\frac{s}{l}\,;B\right)}{k_\infty} \qquad (۱۵)$$

مقدار k_∞ را از رابطهٔ (۱) برمیداریم $k_\infty=\frac{R_H}{d}$ مقدار G برای حالت مخصوصی که الکترودهادی فقط در ۲ نقطه جوش شوند یعنی $s=0$ گردد عبارت خواهد بود از :

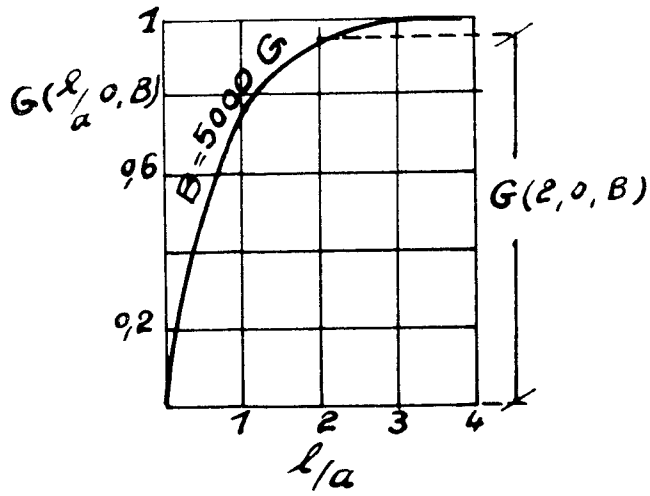
$$G\left(\frac{l}{a}\,;\,0\,;B\right)=\frac{k_0\left(\frac{l}{a}\,;\,0\,;B\right)}{k_\infty} \qquad (۱۶)$$

در منحنی نمایش داده شده در شکل ۶ مقدار مختلفی از G برای نسبت‌های متعددی از $\frac{l}{a}$ قابل ملاحظه است. چنانکه از منحنی پیداست در عمل بهترین مقدار ضریب‌حساسیت برای $\frac{l}{a}=2$ میباشد . از این

نقطه به‌بعدچنانکه‌سیرمنحنی نشان میدهدبرای تغییرهای بزرگی از $\frac{l}{a}$ مقدار G تغییرهائی بسیار جزئی میپذیرد و بعبارت دیگر برای بهترکردن G باید طول نیمه هادی را بزرگ انتخاب کنیم که‌دیگرازجنبهٔ اقتصادی بصرفه و صلاح نیست. برای نسبت $\frac{l}{a}=۲$ از منحنی مقدار :

$$G=۰٫۹٤ \quad \text{و} \quad k_0=۰٫۹٤۰\frac{R_H}{d}$$

را بدست میآوریم .



شکل ٦ منحنی G بصورت تابعی از نسبت $\frac{l}{a}$

ضریب بازده مولد هال

یکی ازخاصیت‌های نیمه‌هادیهای‌ایندیوم آنتیموئید واینديوم ارسنید بزرگی فشار الکتریکی‌بدست آمده از آنها در مولد هال است . بعلاوه. وزن مخصوص ناچیز آنها را باید ذکرکرد. بنابراین از چنین مولدهای هالی میتوانیم بار الکتریکی قابل ملاحظه‌ای بگیریم بدون آنکه خطر پائین افتادن بیش از حد فشارالکتریکی‌مولد درمیان باشد ضریب بازده‌مولدهال یعنی‌نسبت‌قدرت گرفته شده به‌قدرت‌داده شده باکمک رابطه‌های چهار قطبی‌قابل محاسبه است. اگر قدرت داده شده به مولد $N_1=I_1U_1$ وقدرت گرفته شده‌بوسیله عبور جریان از مقاومت مصرفی R_2 (شکل ٥) $N_2=i_2U_2$ باشد ضریب بازده مولد باگذاردن این مقادیردر رابطه‌های (۱۲) و حذف شدت جریان I خواهیم داشت :

$$\eta_1=\frac{x}{r_{2L}}\cdot\frac{\lambda_2}{\left(1+x+\frac{\lambda_2}{r_{2L}}\right)\left(1+\frac{\lambda_2}{r_{2L}}\right)} \qquad (۱۷)$$

که در آن :

$$\lambda_2=\frac{R_2}{R_{2L}}$$

$$x=\frac{K_{\circ}^{2}R^{2}}{R_{1L}\cdot R_{2L}}$$

و

میباشند

ضریب بازده‌مولد تابع I_2 نبوده و تنها از شدت میدان مغناطیسی B و نسبت دومقاومت R_2/R_{2L} تبعیت میکند. بعلاوه رابطهٔ ۱۷ نشان میدهد که اگر λ_2 بسمت بی‌نهایت ویابه سمت صفر میل‌نماید η_1 بسمت صفر میرود. در نتیجه بأزای λ_2 معینی‌که مشتق η_1 را صفر میکند بازده مولد ماگزیموم خود را بدست میآورد. (η_{1max})

مقدار λ_2 و η_1 بقرار میباشد:

$$\lambda_{2max}=r_{2L}\sqrt{1+x}$$

(۱۸)

$$\eta_{1max}=\frac{\sqrt{1+x}-1}{\sqrt{1+x}+1}$$

حساسیت ومنحنی مشخص مولد هال

قبلاً قبول میکنیم که‌مقاومت‌خارجی مولد هال برای گرفتن بار از آن مقاومتی صددرصد اهمی است و فشار الکتریکی آن $U_2=I_2R_2$ میباشد. از رابطه‌های ۱۲ فشار الکتریکی هال را بدست میآوریم که برابراست با:

$$U_2=K_1I_1B \qquad (۱۹)$$

که در آن:

$$K_1=\frac{K_0}{1+\frac{r_{2L}}{\lambda_2}}$$

و

$$\lambda_2=\frac{R_2}{R_{2L_0}}$$

میباشند

K_1 را حساسیت مولد در حال بار مینامیم ومقدار آن از شدت میدان مغناطیسی (B) و حساسیت مولد درمدار باز واندازه‌های هندسی‌قطعهٔ نیمه‌هادی‌تبعیت‌میکند. بجاست‌که از مولد هال در موقع بارگیری بنحوی استفاده کنیم که میدان مغناطیسی درمنطقه سیر شده وارد نشده باشدتا بهترین ضریب حساسیت K_1 را بما بدهد.

امکان‌های نوی‌که مولدهال در اندازه‌گیری الکتریکی بوجود آورده است

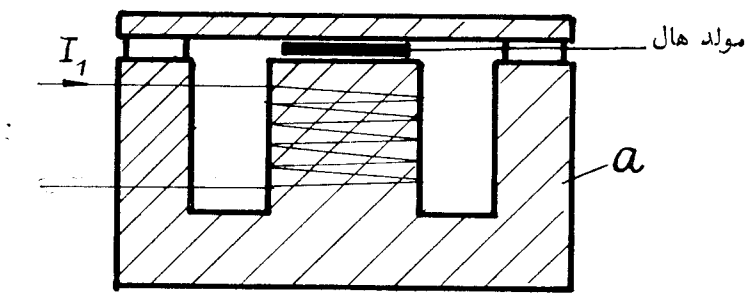
۱ - اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی.

مولدهال راکه از آن جریانی ثابت برابر I میگذزرد وارد میدانی مغناطیسی میکنیم بردوسر مولد

فشار الکتریکی U_H ایجاد میشود. این فشار الکتریکی متناسب است با مؤلفه‌عمودی‌شدت میدان‌مغناطیسی. در سالهای اخیر الکترودهائی از ایندیوم ارسنید ساخته شده‌اند که حساسیتی تاچندین $10^{-5}V/oe$ دارند و بکمک این الکترودها میدان‌مغناطیسی‌ماشین های الکتریکی - میدان های‌مغناطیسی در آهن وبخصوص تلفات میدان مغناطیسی به نحو دقیقی قابل اندازه گیری شده‌اند.

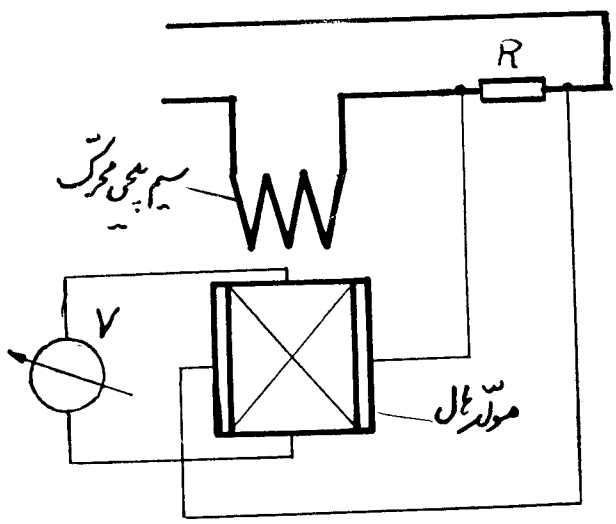
۲ - اندازه‌گیری قدرت الکتریکی

روی هستهٔ a ترانسفورماتور (شکل ۷) یک قرقره سیم پیچی شده میگذاریم واز این سیم پیچی جریان تحریک i_1 را میگذرانیم. درشیار هوائی هستهٔ مغناطیسی مولد هال را قرار میدهیم. اختلاف سطح الکتریکی ایجاد شده هر دوسر مولدهال متناسب است باشدت میدان مغناطیسی‌ای که ازگذشتن جریان الکتریکی I_1 ایجاد میشود (اگر میدان مغناطیسی در منطقهٔ سیرشده وارد نشده باشد). ازجانبی‌دیگر شدت جریان I_2 نیز محرك خود مولدهال است بنابراین فشار الکتریکی بدست آمده متناسب با حاصلضرب هردو جریان است $U_H = K . I_1 . I_2$ که در آن K ضریب تناسب واحدها است.



شکل ۷ - هسته مغناطیسی a بامولد هال که درشیار هوائی تعبیه شده است

جریان تحریک I_1 را میتوان مستقیماً از مداری که قدرت الکتریکی آن را میخواهیم بسنجیم گرفت (شکل ۸). اختلاف سطح الکتریکی لازم را نیز بوسیله مقاومت R (مصرف کننده) از مدار اخذ



شکل ۸ - شمای الکتریکی برای اندازه گیری قدرت الکتریکی‌بوسیلهٔ‌مولد هال

میکنیم. فشار الکتریکی ایجاد شده در مولدهال که بوسیله ولتمتر V سنجیده میشود متناسب با قدرت الکتریکی است. درشبکه‌های سه فاز در مواقعیکه از هرسه فاز به تساوی بارالکتریکی گرفته نمیشود شدت جریان فازها مساوی نیستند برای اندازه‌گیری قدرت سه واتمتر جداگانه ویابرروی یک محور سوار شده لازم داریم. بااستفاده‌از مولدهال‌میتوانیم یک‌ولتمتر وسه مولدهال بکار بریم. بدین ترتیب بهای دستگاههای اندازه‌گیری بمیزان قابل ملاحظه‌ای ارزانتر میگیردد.

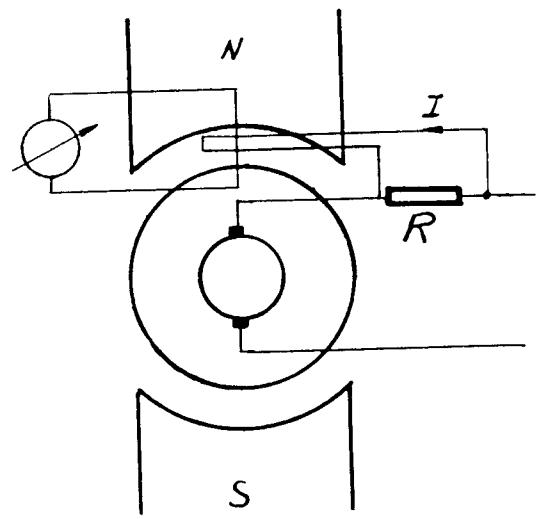
۳ ـ اندازه‌گیری‌ممان الکتریکی ماشین‌های جریان مستقیم

ممان چرخش یک موتور جریان مستقیم عبرت است از:

$$M = K \cdot \Phi \cdot I_a$$

که در آن Φ شار مغناطیسی حوزه تحریک و I_a جریان عبوری از قسمت دوار موتورمیباشد (شکل ۹).

از این رابطه وتناسب بین شدت میدان مغناطیسی وممان چرخش استفاده کرده وممان موتور رابه طریق زیر اندازه میگیریم:



شکل ۹ ـ اندازه گیری ممان موتورهای‌جریان‌مستقیم بوسیلهٔ مولدهال

مولدهال را در زیر پل‌ماشین‌قرار میدهیم وبااطمینان کافی‌قبول میکنیم که شدت میدان مغناطیسی در وسط پل مساوی حد میانه شدت مغناطیسی درشیار هوائی بین پل وقسمت دوار است. میدان مغناطیسی بامقدار میانه B_m و جریان تحریک مولد هال که از مدار الکتریکی قسمت گردان ماشین میگیریم بردوسر مولد فشار الکتریکی U_H را ایجاد میکنند که باشدت‌میدان‌مغناطیسی وشدت جریان عمودی ازقسمت گردان موتور متناسب است یعنی:

$$M = U_H \cdot K$$

از مولدهال برای تنظیم سرعت وقدرت ماشین های جریان دائم نیز استفاده میگردد.

٤ ـ اندازه‌گیری ممان الکتریکی درماشین های آسنکرون

طریقه اندازه گیری ممان الکتریکی که در بالا بدان اشاره شد تنها میتواند برای ماشینهای جریان مستقیم مورد استفاده‌قرارگیرد. اما از آنجا که موتورهای آسنکرون با خواص ومشخصات الکتریکی ویژه‌خود بیش ازموتورهای‌دیگرمورد استعمال دارندلازم است که باطریقه‌ای ساده ممان الکتریکی‌این نوع موتورهارا نیز بادقت بیشتری از طریقه معمولی اندازه گیری کرد. از تئوری موتورهای آسنکرون‌میدانیم که بین ممان موتور (M) وقدرت میدان گردان P_d ودور سنکرون n_{syn} رابطهٔ زیر برقرار است.

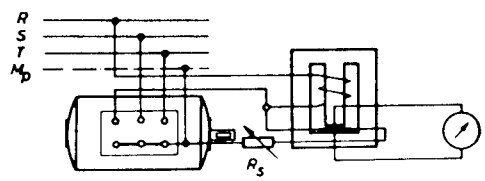
$$M \sim P_d/n_{syn}$$

و از آنجا که n_{syn} متناسب فرکانس شبکه و تعداد پلهای موتور مورد استفاده قرارگرفته شده است پس تناسبی بین ممان‌موتور وقدرت‌میدان گردان موجوداست. از آنجا که‌قدرت‌میدان گردان‌مستقیماً از خارج قابل اندازه گیری نیست میتوان بجای‌آن قدرت حقیقی گرفته شده از شبکه را بوسیله مولدهال اندازه گرفت. خطای اندازه گیری در این مورد از ۲ تا ٦ درصد است اما چون این خطا را در ضریب ثابت مدرج کردن دستگاه ملحوظ میداریم تأثیری در دقت اندازه گیری نخواهد داشت. درشمای الکتریکی داده شده در (شکل ۱۰) رابطه‌ای خطی بین فشار الکتریکی U_H وقدرت حقیقی گرفته شده از شبکه موجود است.

$$U_H = K \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

وچنانکه درشکل دیده میشود از پیچک تحریک مولدهال جریان یک فاز موتور را میگذرانیم (مثلاً فاز R) بنابراین میدان ایجاد شده درهسته که درشیار هوائی آن مولدهال قرارگرفته است‌متناسب باشدت جریان موتوراست. فشار الکتریکی فاز R و MP را بکمک‌مقاومت R_s برروی مولدهال میگذاریم. اختلاف سطح الکتریکی‌ایجادشده و(U_H) متناسب با قدرت حقیقی‌موتور خواهد بود که بادرنظرگرفتن ضریب‌ثابت مدرج کردن‌دستگاه اندازه گیری متناسب با ممان الکتریکی موتور میگردد.

برخلاف سنجش ممان ماشین‌های الکتریکی جریان دائم در اینجا میتوان مولد هال را خارج از ماشین گذاشت.

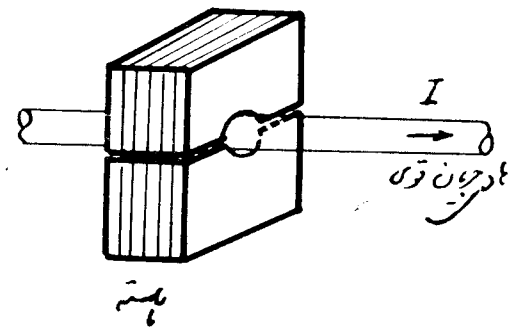


شکل ۱۰ - اندازه گیری ممان الکتریکی موتورهای آسنکرون

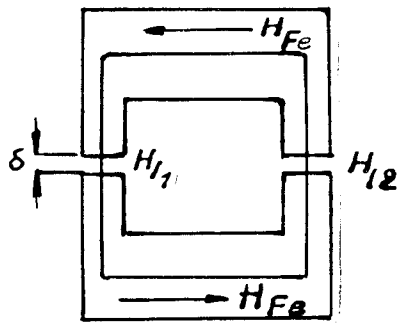
۵ ـ اندازه گیری جریان قوی دائم

شکل ۱۱ نمایش هسته‌ای مغناطیسی تشکیل شده ازصفحات نازك آهن دینامورا میدهد (مانند هستهٔ ترانسفورماتور) که ازمیانه آن سیم هادی جریان قوی را عبورمیدهیم. درشیار هوائی این هسته (هسته از دوقطعه جداگانه از هم تهیه میگردد) دومولد هال را جای میدهیم.

با استفاده از قانون ماکسول میتوانیم برای مدار نشان داده شده در شکل ۱۲ رابطهٔ زیررا بنویسیم



شکل ۱۱ - هسته مغناطیسی با دو مولد هال برای اندازه گیری جریان قوی



شکل ۱۲ - مدار خطوط نیروی میدان مغناطیسی هسته

$$I = \oint Hds = H_{L1}\delta + H_{L2}\delta + H_{Fe} \cdot l_{Fe}$$

با انتخاب صفحات دینامومناسبی برای هسته به نتیجه زیر میتوان رسید

$$\frac{H_{Fe} \cdot l_{Fe}}{I} < 10^{-3}$$

شدت میدان مغناطیسی در فاصله هوائی عبارت خواهد بود از :

$$B_{L1} + B_{L2} = \frac{\eta_0}{\delta} I$$

که در آن :

μ_0 ضریب قابلیت نفوذ هوا

و δ فاصله هوائی هسته است

چنانکه اشاره شد با انتخاب هسته مناسب که علی رغم تأثیر میدان های بیگانه منحنی شدت میدان آن وارد منطقه سیر شده نگردد شدت میدان مغناطیسی اندازه گیری شده درشیار هوا را میتوانیم باشدت میدان مغناطیسی حاصله از عبور جریان الکتریکی درهادی مناسب بدانیم. دو مواد هال جای داده شده در شیار هوائی دارای دو مدار جداگانه میباشند و مجموع فشار الکتریکی آنها متناسب باشدت میدان مغناطیسی اشاره شده است از آنچه که گذشت میتوان دریافت که این دستگاه علاوه بر موارد ذکر شده در بالا برای کنترل و تنظیم خود کار کلیه ماشین های افزار و جراثقال وسایرماشین ها قابل استفاده است برای مثال کنترل وتنظیم ماشین های غلطک خود کار وپرسهادر کارخانهای ذوب فلز را میتوان یاد کرد. بهمین قسم در فن ساختمان تقویت کننده های قدرت - فشار وجریان الکتریکی دائم استفاده از مولد هال مشکلی راکه از سالیان پیش در تنظیم نقطه صفر الکتریکی آنها موجود بود بکلی حل کرده است.

درکشور ما با درنظر گرفتن شرایط فعلی صنعتی مان و وجود شبکه های مختلف فشار قوی وبویژه

تأسیس کارخانهای ماشین ولوازم صنعتی جا دارد که دراندازه گیری کمیت های مختلف فیزیکی و الکتریکی از چنین وسائل مدرن اندازه گیری استفاده کرد. بویژه اگر افزایش دستگاههای اندازه گیری را موازی با تکامل صنعت در ۵ تا ۱۰ سال آینده درنظر گیریم و هزینه نسبتاً سنگین آن را پیش بینی کنیم از این راه میتوانیم صرفه جوئی قابل توجهی را عملی سازیم. لازم به تذکر نیست که استفاده از این دستگاهها در کنار سایر وسائل جدید اندازه گیری امکان اشاعه بیشتر علم الکتریسته وتئوری اندازه گیری مدرن را در بین دانشجویان وحتی مهندسین کشورمان میدهد و مارا به تحولات صنعتی بعداز جنگ در زمینه طریقه های نوین سنجش الکتریکی که با سرعت شگرفی جلو میرود وامروزه سنجش اغلب کمیت های غیرالکتریکی رانیز دربر گرفته است آشنامیسازد.

مآخذی که در تهیه این مقاله مورد استفاده قرار گرفته اند

۱- Welker , H : Ueber neue halbleitende Verbindungen. Zeitschrift fuer Natuerforschung 7a 1952

۲- Welker, H : Neue Werkstoffe mit grossem Halleffekt und grosser Wiederstandsaenderung im Magnetfeld. ETZA Bd 76 1955

۳- Droscha, H : Geraete zur Automatisierung von Mess — und Betriebsvorgaengen « automatik » Nr 2 1958

۴- Mohammedi, M. Gholi : Bericht ueber « Hall — Generator » in der Mcβtechnik 1959 — Siemens + Halske — Wernernerk

۵- Mohammedi, M. Gholi : Flussmessunrg bei den permanenten Maqneten mithife des Hall — Genrrators. Bericht 1960 Siemens — Halske WWM