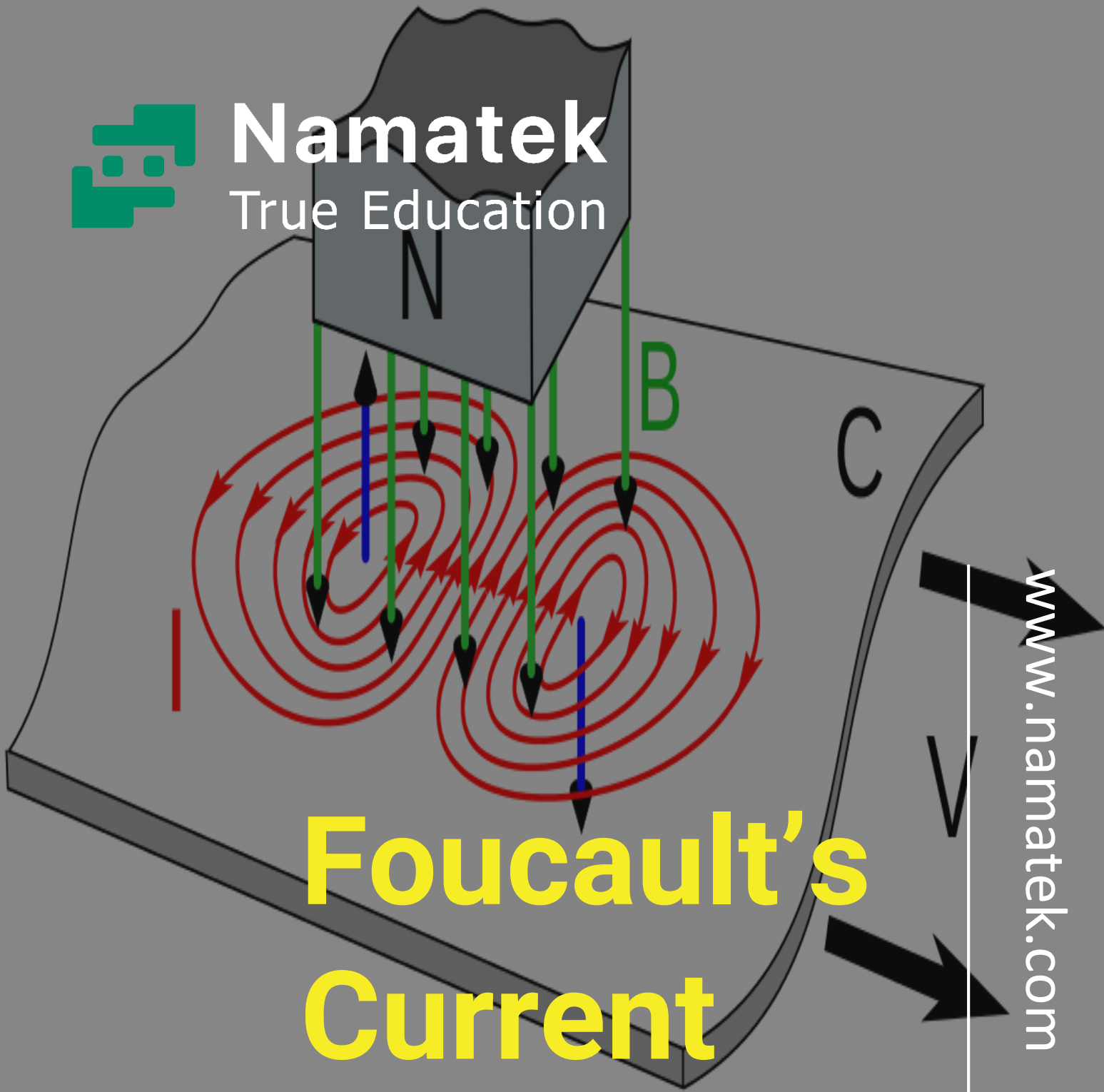




Namatek
True Education



www.namatek.com

تلفات فوکو

فهرست مطالب

1. تلفات فوکو چیست؟
2. محاسبه تلفات فوکو
3. اثر پوستی
4. کاربرد تلفات جریان گردابی
5. مزایا و معایب تلفات فوکو

اثراتی که تلفات فوکو در یک دستگاه الکترومغناطیسی به وجود می آورد، باعث به وجود آمدن ویژگی ها و شرایط خاصی در آن می شود که به کمک آن می توان به کاربردهای جالب و جدیدی رسید. البته که در بسیاری شرایط نیز این اثر مانند عاملی بازدارنده عمل می کند و مانع از کار صحیح دستگاه می شود.

در ادامه این مقاله همراه ما باشید تا با این اثر و شرایط به وجود آمدن و همچنین کاربردهای آن آشنا شوید.

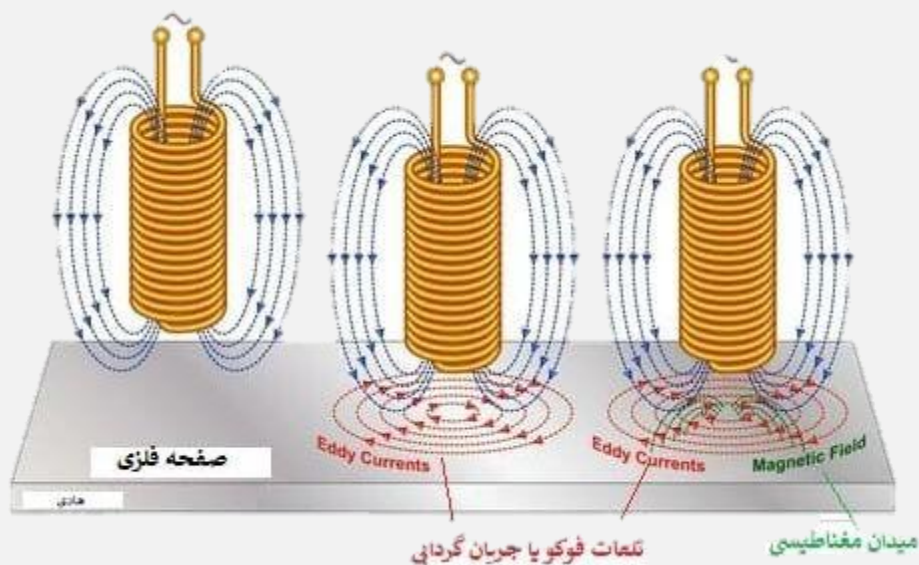
#1 تلفات فوکو چیست؟

هنگامی که یک هادی الکتریکی (مانند مس یا آلومینیوم) در معرض میدان مغناطیسی در حال تغییر قرار می گیرد، جریانی به آن القا می شود که آن را به عنوان **جریان گردابی (Eddy Current)** یا **تلفات فوکو (Foucault's Current)** می شناسند.

این اثر را می توان از قانون القای فارادی نتیجه گرفت.

جریان های گردابی را می توان توسط یک [آهنربای الکتریکی](#) یا [ترانسفورماتور AC](#) که [میدان مغناطیسی](#) متغیر با زمان تولید می کند، ایجاد کرد.

مقدار تلفات جریان گردابی با قدرت میدان مغناطیسی اولیه، مساحت و سرعت تغییر شار رابطه مستقیم و با مقاومت ماده رابطه عکس دارد. دلیل نام گذاری تلفات فوکو به نام تلفات جریان گردابی این است که اگر این جریان ها را روی نمودار رسم کنیم شکلی شبیه گرداب دارند.



حال طبق قانون لنز، یک جریان گردابی می تواند میدان مغناطیسی تولید کند که با تغییر میدان مغناطیسی اصلی (که سبب به وجود آمدن جریان گردابی شده است) مخالفت می کند.

برای مثال یک جسمی را تصور کنید که به دلیل وجود میدان مغناطیسی روی سطحی فلزی در حال حرکت است. میدان این جسم متحرک سبب به وجود آمدن جریان القایی در سطح فلزی ثابت شده و سپس میدان مغناطیسی تولید می شود که مخالف میدان جسم متحرک است. همین امر باعث ایجاد تلفات و [اصطکاک](#) شده و با حرکت جسم متحرک مخالفت می کند.

#2 محاسبه تلفات فوکو

محاسبه تلفات فوکو کار راحتی نیست؛ زیرا عوامل زیادی هستند که در پیدایش این اثر نقش دارند و همواره در حال تغییر اند. در نتیجه اعمال اثر همه آن ها به طور هم زمان ممکن نیست.

نیرویی که توسط یک جسم متحرک در نزدیکی سطحی مسی یا آلومینیومی دریافت می شود، به عوامل زیادی بستگی دارد؛ از جمله:

- قدرت میدان مغناطیسی درون فلز و دامنه تغییرات قدرت میدان (این پارامتر خود به اندازه و قدرت آهنربا و موقعیت آهنربا نسبت به هم وابسته است)

- شکل، ضخامت و هندسه قطعه فلزی

- سرعت آهنربا و فلز

به همین منظور برای تخمین قدرت جریان گردابی همواره از روش های تجربی یا تحلیل عناصر محدود (همه شرایط ثابت در نظر گرفته شود و فقط یک یا دو پارامتر متغیر باشد) استفاده می شود.



#2-1 رابطه تلفات فوکو

اگر فرضیات خاصی را در نظر بگیریم؛ مثلا مواد یکنواخت و میدان مغناطیسی یکنواخت باشند و اثر پوستی و شرایط دیگر هم نداشته باشیم، توان تلف شده فوکو را در واحد جرم برای یک ورق یا سیم نازک می توان از معادله زیر حساب کرد:

$$P = \frac{\pi^2 B_p^2 d^2 f^2}{6K\rho D}$$

که در این رابطه:

P: تلفات توان در واحد جرم بر حسب W/Kg

B_p: پیک میدان مغناطیسی بر حسب

d: ضخامت صفحه یا قطر سیم بر حسب m

f: [فرکانس](#) بر حسب Hz

K: مقدار ثابت که برای صفحه نازک ۱ و برای سیم نازک ۲ در نظر گرفته می شود

ρ: [مقاومت](#) فلز بر حسب Ω

D: [چگالی](#) ماده بر حسب Kg/m³

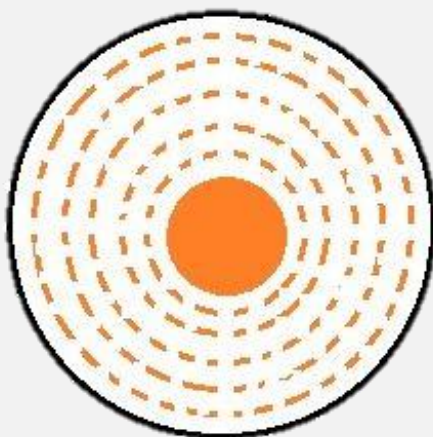
اما توجه کنید که این رابطه فقط در شرایط شبه استاتیکی معتبر است؛ یعنی جایی که فرکانس مغناطیسی منجر به اثر پوستی نمی شود.

#3 اثر پوستی

اثر پوستی (Skin effect) یکی از اثراتی است که تلفات فوکو سبب پیدایش آن می شود.

همان طور که گفتیم با تغییر میدان مغناطیسی در یک هادی، جریان گردابی به وجود می آید. حال اگر این اتفاق مثلا در سیمی که خود حامل جریان است و سبب پیدایش جریان گردابی شده است، اتفاق بیوفتد، باعث می شود شارش جریان در مرکز سیم خنثی شود و جریان تمایل داشته باشد از لبه های سیم شارش کند.

این اثر باعث می شود تا سطح مقطع موثر سیم حامل جریان کاهش پیدا کند و در نتیجه سبب افزایش مقاومت و تلفات در سیم می شود.

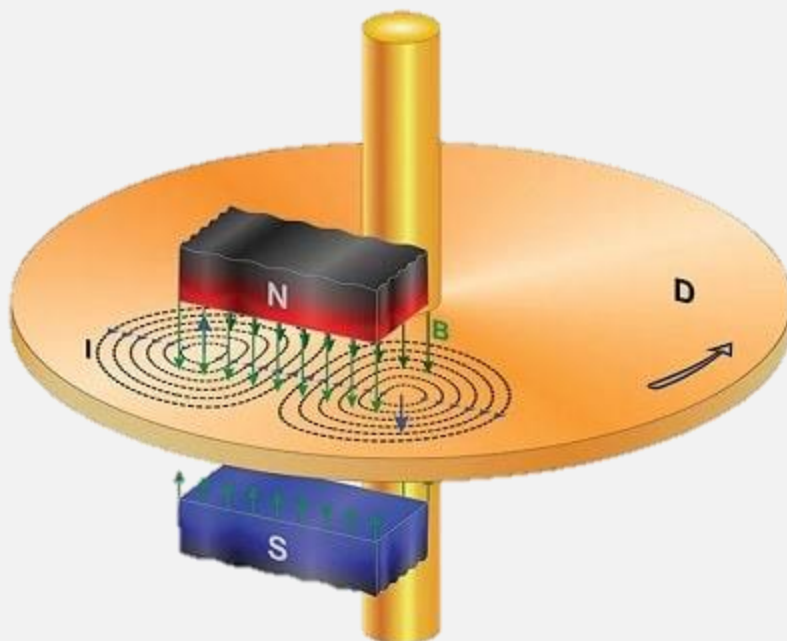


#4 کاربرد تلفات جریان گردابی

تلفات فوکو ویژگی هایی دارد که همین ویژگی ها می تواند سبب به وجود آمدن کاربردها دستگاه های جدیدی شود که در ادامه به چند مورد آن اشاره خواهیم کرد:

- **ترن هوایی:** همان طور که دیدیم در یک دستگاه با به وجود آوردن جریان مغناطیسی در جهت مخالف و به دلیل حضور تلفات فوکو می توان باعث کاهش سرعت آن شد و اگر میدان از حد مشخصی بیشتر شود، حتی می توان باعث توقف کامل آن شد. این کاربرد تلفات فوکو در کاهش سرعت و ترمز ترن های هوایی، بسیار استفاده می شود.
- **جداسازی فلزات:** از اثر تلفات جریان گردابی می توان برای جداسازی فلزات از زباله های غیر فلزی استفاده کرد. برای مثال در این روش می توان برای جداسازی سطل آلومینومی از زباله استفاده کرد.

- **دستگاه های فروش سکه ای:** برای تشخیص این که سکه ای که درون دستگاه های فروش سکه ای قرار می گیرد، واقعی است یا تقلبی، می توان از اثر تلفات جریان گردابی استفاده کرد.
- **تشخیص ترک در سطح فلزات:** با توجه به تلفات فوکو می توان آزمایشی غیر مخرب برای بررسی سطوح فلزات انجام داد که به کمک آن ترک را روی بدنه فلزی دستگاه ها (مانند بدنه هواپیما) تشخیص داد.
- **اجاق برقی:** در اجاق های برقی با صفحه از جنس شیشه از تلفات فوکو برای گرم کردن تابه یا قابلمه های فلزی استفاده می شود.



#5 مزایا و معایب تلفات فوکو

- از مزایای تلفات جریان گردابی می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- تلفات فوکو برای بازرسی و معاینه فنی تجهیزات مفید است.
- بازرسی دستگاه ها با کمک این جریان از نوع غیر تماسی است و در نتیجه در فرآیند یک پروژه تاثیری نمی گذارد.

- این جریان برای بررسی لایه های بیرونی محصولات مختلف بسیار مفید است.
- به کمک اثر این تلفات دستگاه های جدیدی می توان ساخت که کاربردهای موثری دارند.
- اما جدا از ویژگی های خوب این اثر، معایبی را نیز می توان برای آن نام برد:
 - نشتی شار با وجود تلفات جریان گردابی بیشتر است.
 - از اتلاف حرارت با وجود تلفات فوکو نمی توان صرف نظر کرد.
 - از این اثر نمی توان برای بازرسی همه فلزات استفاده کرد و فقط برای فلزات رسانا کاربرد دارد.
 - از این تلفات نمی توان برای بازرسی طرح های پیچیده تر استفاده کرد.

نتیجه گیری

در این مقاله با تلفات فوکو و ویژگی های آن آشنا شدیم. همان طور که دیدید این اثر ناخواسته که از تغییرات میدان مغناطیسی ناشی می شود، سبب پیدایش کاربردهای جدیدی در صنعت شده است که حتی به کمک آن می توان نقص و خرابی سطوح فلزی را بررسی کرد.