1 مقناطیسی سرکٹ اور ٹرانسفارمر

شکل 1.1 میں ایک سطح A جس میں سے مقناطیسی فلکس ϕ گزر رہی ہو دکھائ گئ ہے۔ یہ مقناطیسی فلکس اس سطح کے عمودی سمت میں ہے۔ اس صورت میں اس سطح پہ اوست مقناطیسی فلکس ڈنسٹی B_{av} کی مقدار ہم یوں معلوم کر سکتے ہیں۔

$$B_{av}=\frac{\phi}{A} \tag{1.1}$$

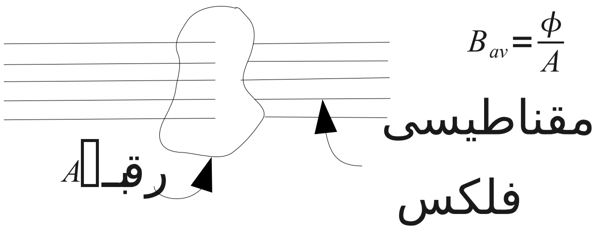
اگر اس سطح کو اتنا چھوٹا بنایا جائے کہ یہ ایک نقطہ مانند ہوجائے تو ایسے صورت میں اس نقطے پہ مقناطیسی فلکس ڈنسٹی B کی مقدار کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$B=\frac{\Delta\phi}{\Delta A} \tag{1.2}$$

مقناطیسی فلکس ϕ کو ویبر weber میں ناپا جاتا ہے۔ یوں مقناطیسی فلکس ڈنسٹی B کو ویبر فی مربہ میٹر میں ناپا جاتا ہے جس کو عموما ٹسلہ tesla کہتے

ہیں۔ شکل 1.1 میں مقناطیسی فلکس ڈنسٹی کو ایک سکیلر scalar دکھایا گیا ہے جبکہ درحقیقت یہ ایک وکٹر vector ہے۔ لہاذا اگر $\Delta \boldsymbol{A}$ اور $\boldsymbol{B}$ کے معبین θ کا ذاویا ہو تو اس صورت میں ہم لکھ سکھتے ہیں.

$$\phi = \int_S B \cos\theta \, dA = \int_S \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{dA} \tag{1.3}$$



شکل 1.1

مقناطیس فلکس ڈنسٹی $\boldsymbol{B}$ اور مقناطیس فیلڈ انٹنسٹی $\boldsymbol{H}$ کا تعلق یوں ہے-

$$\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H} \tag{1.4}$$

یہاں μ مقناطیس پرمِیبلِٹی کہلاتی ہے جو ویبر فی امپیر-ٹرن-میٹر یا ہنری فی میٹر

میں ناپی جاتی ہے۔ خلا کی پرمِیبلِٹی $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ہے۔ مقناطیس اشیاء کی پرمِیبلِٹی μ کو عموما خلا کی پرمِیبلِٹی μ_0 کی نسبت سے لکھا جاتا ہے۔ لہاذا $\mu = \mu_r \mu_0$ جہاں μ_r کو بنسبت پرمِیبلِٹی relative permeability کہتے ہیں۔ مقناطیس اشیاء کی بنسبت پرمِیبلِٹی μ_r کی مقدار 2000 اور 80000 کے معبین ہوتی ہے۔ اِسی وجہ سے مقناطیس فلکس مقناطیس اشیاء میں نسبتا بہت آسانی سے رواں ہوتی ہے۔ مقناطیس فلکس وہ راستا اختیار کرتی ہے جہاں μ_r زیادہ سے زیادہ ہو۔

کرنٹ اور میگنیٹک فیلڈ انٹینسٹی $\boldsymbol{H}$ کا بنیادی تعلق کہتا ہے کہ اگر ایک کرنٹ i کے گرد ایک بند لکھیر کیھنچ دی جائے تو اس لکھیر پر $\boldsymbol{H}$ کا **بند لائن انٹگرل closed line integral** اسی کرنٹ i کے برابر ہوگا۔

$$i = \oint \boldsymbol{H} \cdot d\boldsymbol{L} \tag{1.5}$$

اس کتاب میں مقناطیسی فلکس ϕ کو فلکس اور مقناطیسی فلکس ڈنسٹی $\boldsymbol{B}$ کو فلکس ڈنسٹی کہا جائیگا۔ اسی طرح مقناطیس پرمِیبلِٹی μ کو پرمِیبلِٹی اور مقناطیسی فیلڈ انٹنسٹی $\boldsymbol{H}$ کو فیلڈ انٹنسٹی کہا جائیگا۔

1.1 مقناطیسی سرکٹ کا تعارف

کسی بھی پیچیدہ شکل کی شے میں میگنیٹک فیلڈ انٹینسٹی $\boldsymbol{H}$ اور میگنیٹک فلکس ڈینسٹی $\boldsymbol{B}$ کا مکمل حل مشکل ہوتا ہے۔ ہم ایسے تھری

ڈائمنشنل مسلے کو ون ڈائمنشنل سرکٹ سے ظاہر کرکے اس کے قابلِ قبول حل تلاش کرتے ہے۔

میگنیٹک سرکٹ مجموعی طور پر زیادہ پرمیبلَٹی رکھنے والے اشیاء سے بنے ہوتے ہیں۔ چونکہ مقناطیسی فلکس کا گزر، زیادہ پرمیبلٹی رکھنے والے اشیاء میں زیادہ آسانی سے ہوتا ہے، لہاذٰا اگر میگنیٹک فلکس کو ایسا راستا میسر ہو تو وہ اُنھی راستوں سے گذریگا۔ ایسے میگنیٹک سرکٹ کو اس مضمون میں واضع کیا جائے گا اور اِن کو اِس کتاب میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔

میگنیٹک سرکٹ کی ایک سادہ مثال شکل 1.2 میں دکھائ گئ ہے۔ بجلی کی مشینوں میں زیادہ پرمیبلَٹی رکھنے والے حِصوں کو **کور** core کہتے ہیں اور بجلی کی لپٹی ہوی تار کو **کائل** coil کہتے ہیں۔ تار جتنے **چکر** کا ہوتا ہے ہم **کائل** کو اتنے **چکر** کا **کائل** کہتے ہیں۔

دیے گئے شکل میں **کور** کا **کراس سیکشنل رقبہ** cross sectional area ہر جگہ یکساں ہے اور **کائل** میں کرنٹ i امپیئر ہے۔ **کائل** N **چکر** کا ہے۔ **کائل** میں کرنٹ کی وجہ سے کور میں مقناطیسی فیلڈ پیدا ہوتی ہے جسکو فلکس لائنز سے ظاہر کیا گیا ہے۔

کور میں میگنیٹک فیلڈ کا وجود امپیر-ٹرن ampere-turn کے حاصل ضرب $N i$ کی وجہ سے ہے۔ میگنیٹک سرکٹ کی اصطلاح میں $N i$ کو ایم ایم ایف mmf (magnetomotive-force) کہا جاتا ہے۔ اگرچہ شکل 1.2 میں ایک کوئل دکھائ گئ ہے، حقیقت میں ٹرانسفارمر اور زیادہ تر گھومنے وا لی مشینوں میں کم از کم دو کائل پائے جاتے ہیں اور ان میں $N i$ ان سب کائل کے امپیر-ٹرن کا مجموعہ ہوتا ہے۔

دئے گئے شکل میں کور میں $\boldsymbol{H}$ کی مقدار H_c ہر جگہ یکساں ہے۔ لہاذا کور میں نکتہ دار لکھیر پر لائن اِنٹگرل H_c اور l_c کا حاصلِ ضرب $H_c l_c$ ہوگا۔ یہاں l_c کور کی اوسط لمبائ کو واضع کرتی ہے۔ ہم یوں شکل 1.2 کے لئے لکھ سکتے ہیں۔

$$\tau = N i = H_c l_c \tag{1.6}$$

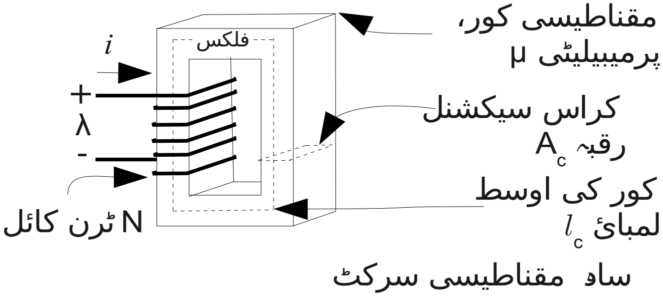
$$\tau = N i = H_c l_c = \frac{B_c l_c}{\mu_r \mu_0} = \frac{\phi_c l_c}{A_c \mu_r \mu_0} \tag{1.7}$$

اس کو ہم یوں بہتر طریقے سے لکھ سکتے ہیں۔

$$\tau = \phi_c \Re_c \tag{1.8}$$

$$\Re_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 A_c} \tag{1.9}$$

مساوات(1.9) میں $\Re_c$ کو کور کی رلکٹنس reluctance کہتے ہیں۔ مساوات(1.8) اوہم کے قانون ohm's law کی طرح ہے۔



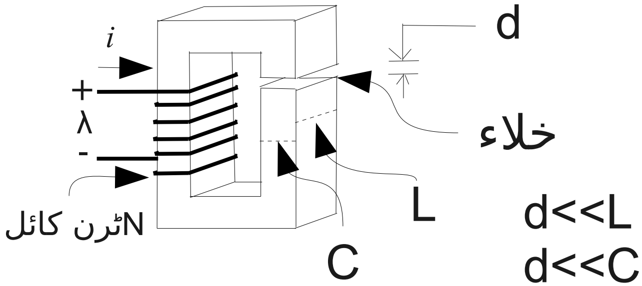
شکل 1.2 سادہ مقناطیسی سرکٹ

کور میں H_c کی سمت دائیں ہاتھ کے قانون (right hand rule) سے معلوم کی جا سکتی ہے۔ اس قانون کو دو طریقوں سے بیان کیا جا سکتا ہے۔

1. اگر ایک تار جس میں کرنٹ گزر رہی ہو کو دائیں ہاتھ سے یوں پکڑا جائے کہ انگھوٹا کرنٹ کی سمت میں ہو تو باقی چار انگلیاں اُس میگنٹک فیلڈ ، جو اس کرنٹ کی وجہ سے وجود میں آئے، کی سمت میں لپٹی ہونگی۔
2. اگر ایک کائل کو دائیں ہاتھ سے یوں پکڑا جائے کہ ہاتھ کی چار انگلیاں کائل میں کرنٹ کی سمت میں لپٹی ہوں تو انگھوٹا اُس مگنیٹک فیلڈ کی سمت میں ہوگا جو اس کرنٹ کی وجہ سے وجود میں آئیگا ۔

ٹرانسفارمروں کو شکل1.2 کی طرح بند کور پر بنایا جاتا ہے جبکہ حرکت کرنے

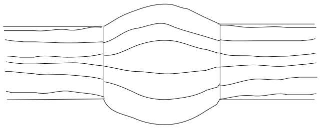
والی مشینوں کی کور میں عموماً خلا پائی جاتی ہے۔ ایسے ہی ایک مقناطیسی سرکٹ شکل1.3 میں دکھائی گئی ہے۔



شکل 1.3 کور جِس میں خلاء ہے

اگر کور کی وہ سطح جہاں یہ خلا d ہے کی لمبائی L اور چوڑائی C اس خلاء کی لمبائی d سے کئی گُنا ہو تو مقناطیسی فلکس کا بیشتر حصّہ کور اور اس خلاء کے راستے ہی گزرے گا۔ لہٰذا ہم شکل 1.3 کو ایک ایسے مقناطیسی سرکٹ سے ظاہر کرسکتے ہیں جس کے دو سلسلہ وار (series) حصّے ہوں۔ ایک حِصّہ مقناطیسی کور ہے جس کی پرمیبلَٹی μ_c اور اوسط لمبائی lc ہے، اور دوسرا حِصّہ ایک خلا ہے جس کی پرمیبلَٹی μ_0 اور لمبائی d ہے۔ یہاں lc کور کے گرد ایک چکر کی لمبائی سے خلا کی لمبائی منفی

کرنے سے حاصل ہوگا۔ مقناطیسی فلکس ϕ کور اور اس خلا میں یکساں ہے۔



کور سے نکلتے وقت فلکس باہر کی طرف پھول جاتی ہے

شکل 1.4

مقناطیسی فیلڈ کی لکیریں اِس خلا سے گزرتے وقت باہر کی طرف پھول جاتی ہیں جیسے شکل 1.4 میں دکھایا گیا ہے۔ اس پھولنے کی وجہ سے خلا میں کراس سکشنل رقبہ A_g بڑھ جاتا ہے۔ اس کتاب میں اس اثر کو نظر انداز کیا جائے گا لہٰذا ہم لکھ سکتے ہیں کہ

$$B_g = B_c = \frac{\phi}{A_c} \tag{1.10}$$

مساوات (1.6) اور (1.4) کو اس مقناطیسی سرکٹ پر استعمال کر کے ہمیں ملتا ہے

$$\tau = N i = H_c l_c + H_d d \tag{1.11}$$

$$\tau = \frac{B_c}{\mu} l_c + \frac{B_d}{\mu_0} d \tag{1.12}$$

$$\tau = \phi \frac{l_c}{\mu A_c} + \phi \frac{d}{\mu_0 A_c} \tag{1.13}$$

$$\Re_c = \frac{l_c}{\mu A_c} \tag{1.14}$$

$$\Re_d = \frac{d}{\mu_0 A_d} \tag{1.15}$$

$$\tau = \phi(\Re_c + \Re_d) \tag{1.16}$$

$$\phi \approx \frac{\tau}{\Re_d} = \frac{\tau \mu_0 A_c}{d} = N\,i \frac{\mu_0 A_c}{d} \tag{1.17}$$

ہم یہ دیکھ سکتے ہیں کہ $N\,i$ کا کچھ حِصّہ کور میں اور بقایا حِصّہ خلاء میں مقناطیسی فیلڈ کو جنم دیتا ہے۔

مقناطیسی اشیاء کی پر میبلَٹی کی مقدار در حقیقت اس میں مقناطیسی فلکس انٹنسٹی H_c پر منحصر ہوتی ہے۔ اس بات کو سکشن1.3 میں واضح کیا جائیگا۔

1.2 فلکس لنکیج، انڈکٹنس اور انرجی

Flux-linkage, inductance and energy

مقناطیسی فیلڈ کی وقت کے ساتھ تبدیلی الکٹرک فیلڈ electric field کو جنم دیتی ہے۔ لہاذٰ اگر شکل 1.3 کے کور میں مقناطیسی فلکس تندیل ہو رہا ہو تو اس کی وجہ سے اس کے کائل میں وولٹج پیدا ہونگے جوکہ اس کائل کے سروں پر نمودار ہونگے۔ اِس وولٹج کو انڈیوسٹ وولٹج induced voltage یا الکٹروموٹیو وولٹج electromotive voltage کہتے ہیں۔ فیراڈے کے قانون کے تحت

$$e = N\frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial \lambda}{\partial t} \tag{1-17}$$

جہاں $\lambda = N\phi$ کو فلکس لنکیج flux linkage کہتے ہیں۔ اس انڈیوسٹ وولٹج کے سمت کا تعین یوں کیا جاتا ہے کہ اگر دئے گئے کائل کے سروں کو شارٹ سرکٹ short circuit کیا جائے تو اِس میں کرنٹ اُس سمت میں رواں ہو جس میں مقناطیسی فلکس کی تبدیلی کو روکا جا سکے۔

جن مقناطیسی سرکٹوں میں پرمیبلیٹی کو مقررہ تصور کیا جا سکے یا جن میں $\Re_d \gg \Re_c$ ہو، ایسے حالات میں ہم انڈکٹنس inductance کو یوں بیان کر سکتے ہیں

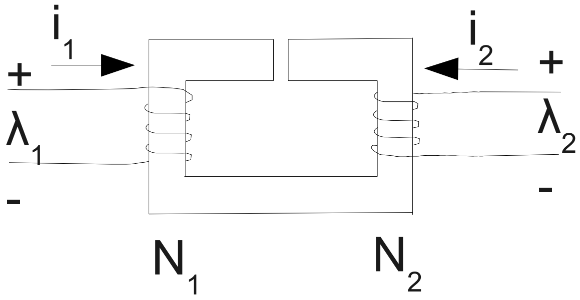
$$L = \frac{\lambda}{i} \tag{1.18}$$

$$L = \frac{N B_c A_c}{i} = \frac{N^2 \mu_0 A_c}{d} \tag{1.19}$$

انڈکٹنس کو ویبر-ٹرن فی امپیر، جس کو ہنری کا نام دیا گیا، میں ناپا جاتا ہے۔

شکل 1.5 میں دو کائل والا ایک مقناطیسی سرکٹ دکھایا گیا ہے جس میں کرنٹ i_1 اور i_2 ہیں۔ کرنٹ کی سمتیں یوں رکھی گئی ہیں کہ اِن دونوں کا ایم ایم ایف آپس میں جمع ہو۔ یوں اگر کور کے رِلکٹنس کو نظرانداز کیا جائے تو ہم لکھ سکتے ہیں

$$\phi = (N_1 i_1 + N_2 i_2)\frac{\mu_0 A_c}{d} \quad (1.20)$$



شکل 1.5 دو کائل والی مقناطیسی سرکٹ

یہاں ϕ دونوں کائلوں کے مجموعی ایم ایم ایف یعنی $N_1 i_1 + N_2 i_2$ سے پیدہ ہونے والا فلکس ہے۔ اس فلکس کی دونوں کائلوں کیساتھ فلکس لنکیج کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\lambda_1 = N_1 \phi = N_1^2 \frac{\mu_0 A_c}{d} i_1 + N_1 N_2 \frac{\mu_0 A_c}{d} i_2 \tag{1.21}$$

اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\lambda_1 = L_{11} i_1 + L_{12} i_2 \tag{1.22}$$

جہاں

$$L_{11} = N_1^2 \frac{\mu_0 A_c}{d} \tag{1.23}$$

$$L_{12} = N_1 N_2 \frac{\mu_0 A_c}{d} \tag{1.24}$$

یہاں L_{11} پہلے کائل کی اپنی انڈکٹنس ہے اور $L_{11} i_1$ اِس کائل کی اپنے کرنٹ i_1 کے ساتھ فلکس لنکیج ہے۔ L_{12} اِن دونوں کائلوں کی آپس کی انڈکٹنس ہے اور $L_{12} i_2$ پہلے کائل کے ساتھ کرنٹ i_2 کی وجہ سے پیدہ کردہ فلکس لنکیج ہے۔ بالکل اسی طرح ہم دوسرے کائل کے لئے لکھ سکتے ہیں

$$\lambda_2 = N_2 \phi = N_1 N_2 \frac{\mu_0 A_c}{d} i_1 + N_2^2 \frac{\mu_0 A_c}{d} i_2 \tag{1.25}$$

$$\lambda_2 = L_{21} i_1 + L_{22} i_2 \tag{1.26}$$

$$L_{22} = N_2^2 \frac{\mu_0 A_c}{d} \tag{1.27}$$

یہاں اب L_{22} اِس کائل کا اپنا انڈکٹنس اور $L_{21} = L_{12}$ آپس کا انڈکٹنس ہے۔ یہاں یہ واضع کرنا ضروری ہے کہ ہم جب بھی انڈکٹنس استعمال کرتے ہیں تو اس کا مطلب ہوتا ہے کہ ہم پرمِبلٹی کو مقررہ سمجھ رہے ہیں۔

مساوات 1.18 کو مساوات 1.17 میں استعمال کریں تو

$$e = \frac{\partial (L i)}{\partial t} \tag{1.28}$$

اگر انڈکٹنس مقررہ ہو جیسا کہ ساکن مشینوں میں ہوتا ہے تو پھر ہمیں انڈکٹنس کا جانا پہچانا مساوات ملتا ہے

$$e = L \frac{\partial i}{\partial t} \tag{1.29}$$

مگر اگر انڈکٹنس بھی تبدیل ہوتا ہو جیسا کہ موٹروں اور جنریٹروں میں ہوتا ہے تب

$$e = L\frac{\partial i}{\partial t} + i\frac{\partial L}{\partial t} \tag{1.30}$$

انرجی کا یونٹ جاؤل joule ہے اور پاور کا یونٹ جاؤل فی سیکنڈ یا واٹ watt ہے۔ کسی کائل میں بجلی کی انرجی کے بہاو کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$p = ie = i\frac{\partial \lambda}{\partial t} \tag{1.31}$$

لہاذا ایک مقناطیسی سرکٹ میں t_1 سے t_2 تک کے وقت میں مقناطیسی انرجی میں تبدیلی کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\Delta W = \int_{t1}^{t2} p\,dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i\,d\lambda \tag{1.32}$$

اگر مقناطیسی سرکٹ میں ایک ہی وائنڈنگ ہو اور اس سرکٹ میں انڈکٹنس مقررہ ہو تب

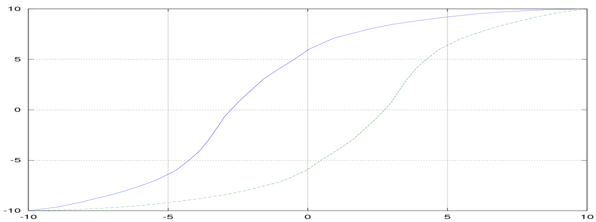
$$\Delta W = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i \, d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\lambda}{L} d\lambda = \frac{1}{2L}(\lambda_2^2 - \lambda_1^2) \tag{1.33}$$

اگر ہم ٹائم t_1 پہ $\lambda_1 = 0$ تصور کریں تب ہم کسی دئے گئے λ پہ مقناطیسی انرجی کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$\Delta W = \frac{1}{2L} \lambda^2 = \frac{L}{2} i^2 \tag{1.34}$$

1.3 مقناطیسی اشیاء کے خصوصیات

مقناطیسی سرکٹوں میں کور استعمال کرنے سے دو طرح کے فوائد حاصل ہوتے ہیں۔ کور کے استعمال سے ایک تو کم ایم ایم ایف سے زیادہ فلکس پیدا کی جا سکتی ہے اور دوسرا، فلکس کو اپنی مرضی کے راستوں پابند کیا جاسکتا ہے۔ ٹرانسفارمروں میں کور کو استعمال کر کے فلکس کو اِس طرح پابند کیا جاتا ہے کہ جو فلکس ایک کائل سے گزرتا ہے، وہی فلکس، سارا کا سارا، باقی کائلوں سے بھی گزرتا ہے۔ موٹروں میں کور کو استعمال کرکے فلکس کو یوں گزارا جاتا ہے کہ زیادہ سے زیادہ طاقت پیدا ہو۔



شکل 1.6 $B-H$ کا گراف

کسی بھی شہ میں B اور H کے تعلق کو گراف کے ذریعہ سے پیش کیا جاتا ہے۔ ایسا ہی ایک $B-H$ گراف شکل 1.6 میں دکھایا گیا ہے۔ گراف کو دیکھا جائے تو B کے کسی ایک مقدار کے لئے H کے دو مقدار ہیں۔ اگر فلکس بڑھ رہا ہو تو، گراف میں نیچے سے اُوپر جانے والی لکیر، اِس میں B اور H کے تعلق کو پیش کرتی ہے اور اگر فلکس کم ہو رہا ہو تو، اوپر سے نیچے آنے والی لکیر، اِس تعلق کو پیش کرتی ہے۔ چونکہ $\mu = B/H$ ، لہاذا B کے مقدار تبدیل ہونے سے μ بھی تبدیل ہوتا ہے۔ باوجود اِس کے ہم مقناطیسی سرکٹوں میں یہ تصور کرتے ہیں کہ μ ایک مقررہ ہے۔ یہ تصور کر لینے سے عموماً جواب پر زیادہ اصر نہیں پڑتا۔

1.4 کائل کو اکسائٹ کرنا

اے-سی بجلی میں وولٹج اور فلکس، ٹائم کے سات $\sin \omega t$ یا $\cos \omega t$ کا تعلق رکھتے ہیں۔ اِس سبق میں ہم اے-سی excitation اور اس

سے نمودار ہونے والے بجلی کے نقصان (ضائع) کا تذکرہ کرینگے۔ ہم یہاں شکل 1.2 کو استعمال کرینگے۔ ہم فرض کرتے ہیں کہ

$$\phi=\phi_{max}\sin(\omega t)=A_c B_{max}\sin(\omega t) \tag{1.35}$$

اس مساوات میں فلکس زیادہ سے زیادہ $\pm\phi_{max}$ ہو سکتا ہے۔ B زیادہ سے زیادہ $\pm B_{max}$ ہو سکتا ہے۔ A_c کور کا کراس سیکشنل رقبہ ہے جو ہر جگہ یکساں ہے ۔ $\omega=2\pi f$ جہاں f فریقونسی ہے۔

فیراڈے کے قانون یعنی مساوات 1.17 کے تحت

$$e(t)=\frac{\partial\lambda}{\partial t}=\omega N\phi_{max}\cos(\omega t)=E_{max}\cos(\omega t) \tag{1.36}$$

جہاں

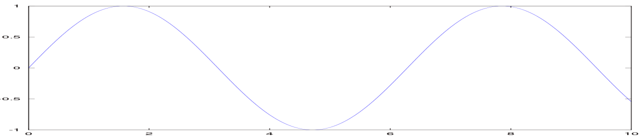
$$E_{max}=\omega N\phi_{max}=2\pi f N A_c B_{max} \tag{1.37}$$

ہم اے سی بجلی میں کرنٹ، وولٹج وغیرہ کے rms آر ایم ایس ویلیو میں دلچسپی رکھتے ہیں۔ ایک سائن یا کوسائن ویو کی آر ایم ایس ویلیو اس کی زیادہ سے زیادہ ویلیو کی $1/\sqrt{2}$ گنّا ہوتی ہے لہاذا

$$E_{rms}=\frac{E_{max}}{\sqrt{2}}=\frac{2\pi}{\sqrt{2}}f N A_c B_{max}=4.44 f N A_c B_{max} \tag{1.38}$$

یہ مساوات بہت اہمیت رکھتا ہے اور ہم اس کو بار بار استعمال کرینگے۔

ایک مردہ مقناطیسی سرکٹ کے کائل کو جب بجلی دی جائے تو یہ جاندار ہو جاتا ہے۔ کائل میں کرنٹ، کور میں فلکس کو جنم دیتی ہے۔ اس کرنٹ I_{φ} کو ہم اکسائٹیشن کرنٹ excitation current کہتے ہیں۔



جیسا کہ سکشن 1.3 میں ذکر کیا گیا ہے، اگر کور میں $B=B_m \sin(\omega t)$ ہو تو اِس میں H اور I_{φ} ایک غیر سائنوسائڈل شکل اختیار کر لیتے ہیں۔ اس صورت میں اِن کے آر ایم ایس مقدار $H_{c,rms}$ اور $I_{\varphi,rms}$ ہوتے ہیں، جہاں

$$N I_{\varphi,rms}=l_c H_{c,rms} \tag{1.39}$$

مساوات 1.38 اور 1.39 سے ملتا ہے

$$E_{rms} I_{\varphi,rms}=\sqrt{2}\pi f B_{max} H_{c,rms} A_c l_c \tag{1.40}$$

یہاں $A_c l_c$ کور کا حجم ہے۔ لہاذا یہ مساوات ہمیں $A_c l_c$ حجم کی کور کو B_{max} فلکس تک اکسائٹ کرنے کے لئے درکار $E_{rms} I_{\varphi, rms}$ بتلاتا ہے۔ ایک مقناطیسی کور جس کا حجم $A_c l_c$ اور کسافت ρ_c ہو، اس کا ماس $m_c = \rho_c A_c l_c$ ہو گا۔ یوں ہم، ایک کلوگرام کور، کے لئے مساوات 1.40 کو لکھ سکتے ہیں

$$P_a = \frac{E_{rms} I_{\varphi, rms}}{m_c} = \frac{\sqrt{2}\pi f}{\rho_c} B_{max} H_{c, rms} \tag{1.41}$$

دیکھا جائے تو کسی ایک فریکونسی f پہ P_a صرف کور اور اس میں فلکس B_{max} پر منہسر ہے، چونکہ $H_{c, rms}$ خود B_{max} پر منہسر ہے۔ اِسی وجہ سے کور بنانے والے، یونٹ ماس کے کور میں مختلف فلکس B_{max} پیدا کرنے کیلئے درکار $E_{rms} I_{\varphi, rms}$ اکسائٹیشن، کو B_{max} اور P_a کے معبین گراف کی شکل میں دیتے ہیں۔ ایسا ہی ایک گراف شکل میں دکھایا گیا ہے۔

1.5 ٹرنسفارمر کا تعارف

ٹرانسفارمر بنیادی طور پر دو یا دو سے زیادہ ایسے کائل جن کے معبین باہمی فلکس موجود ہو، کو کہتے ہیں۔ اگر ان میں ایک کائل پہ اے سی وولٹ دئے جائیں تو کور میں اے سی فلکس پیدا ہوگا، جس کا مقدار دئے گئے وولٹج، اس کی فریقونسی اور کائل کے چکروں پر منہسر ہوگا۔ باہمی فلکس دوسرے کائل میں وولٹج کو جنم دیگا جس کی مقدار اس باہمی فلکس کی مقدار، فریقونسی اور اس

کائل کے چکروں پر منھسر ہوگا۔ جس کائل کو بجلی دی جاتی ہے اس کو پرائمری کائل کہتے ہیں اور باقی کائلوں کو سکنڈری کائل کہتے ہیں۔ پرائمری اور سکنڈری کائلوں کے چکروں کی نسبت کو ایسا رکھا جاتا ہے کہ مرضی کے وولٹج حاصل ہوں۔

ٹرانسفارمر کے کائلوں کے معبیں باہمی فلکس خلا کے ذریعہ بھی ہو سکتا ہے۔ ایسے حال میں اس ٹرانسفارمر کی کور ہوا ہوتی ہے اور انہیں ائر کور ٹرانسفارمر کہتے ہیں۔ ایسے ٹرانسفارمر کمیونیکیچن سرکٹوں، یعنی ریڈیو، ٹی وی وغیرہ میں پائے جاتے ہیں۔

بجلی کے وہ ٹرانسفارمر جو گھروں اور کارخانوں کو بجلی فراہم کرتے ہیں، یعنی پاؤر ٹرانسفارمر، ان میں مقناطیسی کور استعمال ہوتی ہے اور انہیں آئرن کور ٹرانسفارمر کہتے ہیں۔ اس کتاب میں صرف آئرن کور ٹرانسفارمروں کا ذکر ہوگا۔

جیسا کہ پہلے تذکرہ کیا گیا ہے، ایڈی کرنٹ بجلی کے ضیاء کو کم سے کم کرنے کیلئے مقناطیسی کور باریک چادر سے بنائی جاتی ہے۔ ان مقناطیسی چادر کو لیمینیشن کہتے ہیں۔ شکل میں ٹرانسفارمر کے دو طرح کے کور دکھائے گئے ہیں۔

1.6 ٹرانسفارمر بغیر لوڈ کے

شکل میں ایک ٹرانسفارمر دکھایا گیا ہے جس کے سیکنڈری کائل کو کہیں نہیں لگایا گیا ہے۔ سرکٹ بناتے وقت ٹرانسفارمر کے کائلوں کو علائدہ علائدہ دکھایا جاتا ہے جیسے دئے گئے شکل میں کیا گیا ہے۔ پرائمری کائل پر

وولٹ v_1 دینے سے پرائمری کائل میں اکسائٹیشن کرنٹ i_{φ} چالو ہوگا جو کور میں فلکس ϕ کو جنم دیگا۔ یہ آلٹرنیٹنگ فلکس پرائمری کائل میں ای ایم ایف e_1 کو جنم دیگا

$$e_1 = \frac{\partial \lambda_1}{\partial t} = N_1 \frac{\partial \varphi}{\partial t} \tag{1.42}$$

یہاں

λ_1 =پرائمری کائل کا فلکس لنکج

φ =کور میں فلکس جو دونوں کائلوں میں سے گزرتا ہے

N_1 =پرائمری کائل کے چکر

اگر اس پرائمری کائل کے بجلی کی تار کی مزاحمت R_1 ہو تب

$$v_1 = i_{\varphi} R_1 + e_1 \tag{1.43}$$

اس مساوات میں انڈکٹنس کو نظرانداز کیا گیا ہے۔ اس کا اصر عموما بہت کم ہوتا ہے۔ عام تر پاؤر ٹرانسفارمر اور موٹروں میں مزاحمت R_1 کے اصر کو بھی نظرانداز کیا جاسکتا ہے۔ ایسے صورت میں

$$v_1 = e_1 = N_1 \frac{\partial \varphi}{\partial t} \tag{1.44}$$

جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا ہے، پاؤر ٹرانسفارمر اور موٹروں میں وولٹج اور فلکس سائنوسائڈل ہوتے ہیں۔ لہاذا اگر

$$\varphi = \phi_{max} \sin \omega t \tag{1.45}$$

تو

$$e_1 = N_1 \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \omega N_1 \phi_{max} \cos \omega t \tag{1.46}$$

یہاں ϕ_{max} فلکس کی زیادہ سے زیادہ مقدار کو ظاہر کرتا ہے، $\omega = 2\pi f$ جہاں f فریکونسی ہے اور اسے ہرٹز Hz میں ناپا جاتا ہے۔ e_1 اور φ کے معبین 90 ڈگری کا زاویہ ہے۔ اس وولٹج کا آر ایم ایس مقدار

$$E_{rms} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N_1 \phi_{max} = 4.44 f N_1 \phi_{max} \tag{1.47}$$

اس کو ہم یوں بھی لکھ سکتے ہیں

$$\phi_{rms} = \frac{E_{rms}}{4.44\, f\, N_1} \qquad 1.48)$$

یہاں ایک بار رکھ کر دوبارہ نظر ثانی کرتے ہیں۔ اگر ایک کائل کو E_{rms} وولٹ دئے جائیں تو یہ کائل اتنا اکسائٹیشن کرنٹ i_φ گزرنے دیتا ہے جس سے نمودار ہونے والا فلکس مساوات 1.48 میں دئے گئے فلکس ϕ_{rms} کے برابر ہو۔ یہ بات نہ صرف ٹرانسفارمر بلکہ کسی بھی مقناطیسی سرکٹ کے لئے درست اور لازم ہے۔

اکسائٹیشن کرنٹ i_φ کو اگر فورئر سیریز fourier series سے حل کیا جائے تو

$$i_\varphi = \sum_n \left(a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t\right) \qquad (1.49)$$

اس میں $a_1 \cos\omega t + b_1 \sin\omega t$ کو بنیادی جُز fundamental component کہتے ہیں اور باقی حصہ کو نقصاندہ جُز harmonics کہتے ہیں۔ بنیادی جُز میں $a_1 \cos\omega t$ ، فلکس سے وجود میں آنے والے ای ایم ایف e_1 ، جو کہ مساوات 1.46 میں دیا گیا ہے، کے فیز میں ہے۔ یعنی یہ دونوں وقت کے ساتھ یکساں بڑھتے اور گھٹتے ہیں جبکہ اس میں $b_1 \sin\omega t$ نوّے ڈگری کی زاویہ سے e_1 کے پیچھے رہتا ہے۔ ان میں $a_1 \cos\omega t$ کور میں مختلف وجوہات سے بجلی ضائع ہونے کی نمائندگی کرتا ہے۔اسی لئے اس کو کور لاس جز core loss component کہتے ہیں۔ اکسائٹیشن کرنٹ i_φ سے اگر $a_1 \cos\omega t$ منفی کیا جائے تو بقایا کو مقناطیس بنانے والا کرنٹ magnetizing current

کہتے ہیں۔ نقصاندہ جُز میں تیسرا جُز سب سے زیادہ اہم ہوتا ہے۔ پاؤر ٹرانسفارمروں میں یہ تیسرا جُز عموما اکسائٹیشن کرنٹ کے 40 فیصد ہوتا ہے۔

سوائے وہاں، جہاں اکسائٹیشن کرنٹ کے اثرات کو دیکھا جارہا ہو، ہم اس کے غیر سائنوسائڈل ہونے کو نظرانداز کرتے ہیں۔ ایک پاؤر ٹرانسفارمر کا اکسائٹیشن کرنٹ اس کے پورے لوڈ کرنٹ کے صرف 5 فیصد ہوتا ہے۔ لہاذا اس کا اثر بہت کم ہوتا ہے۔ ہم اکسائٹیشن کرنٹ کو سائنوسائڈل تصور کر کہ اس کے اثرات پر غور کرتے ہیں۔ اس فرضی سائنوسائڈل اکسائٹیشن کرنٹ کی آر ایم ایس مقدار، اصل اکسائٹیشن کرنٹ کے آر ایم ایس مقدار کے برابر رکھا جاتا ہے اور اس سے پیدا کور لاس کو اصل کور لاس کے برابر رکھا جاتا ہے۔ یوں ہم فیزر استعمال کر سکتے ہیں اور اس کرنٹ کو $\hat{I}_\varphi$ سے ظاہر کر سکتے ہیں۔ شکل کی مدد سے اگر دیکھا جائے تو

$$P_c = E_{rms} I_\varphi \cos\theta_c \tag{1.50}$$

جہاں P_c کور لاس ہے۔ لہاذا $\hat{I}_\varphi$ ای ایم ایف e_1 سے θ_c کے زاویہ پیچھے رہتا ہے۔