

## WEEK II

### *Magnetism And Magnetic Field*

*Magnetism : quantities, units and relationships*

*Magnetic phenomena in ferromagnetic materials*

*Magnetics Properties of Transformers*

*Typical construction of a transformer core*

## 2 Magnetisme dan Medan Magnetik

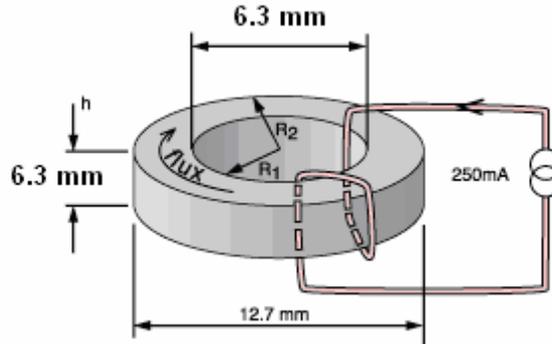
### 2,1 Magnetisme: kuantitas, unit dan hubungan

Magnetik kuantitas dalam SI

Tabel 2.1

Kuantitas nama	Kuantitas simbol	Kuantitas nama	Kuantitas simbol
coercivity	Hc	faktor inti	$\Sigma l / A$
daerah efektif	Ae	panjang efektif	le
permeabilitas efektif	$\mu_e$	fluks linkage	$\lambda$
tegangan induksi	e	induktansi	L
faktor induktansi	Al	permeabilitas awal	$\mu_i$
intensitas magnetisasi	I	kekuatan medan magnet	H
fluks magnet	$\Phi$	kerapatan fluks magnet	B
kerentanan magnetik massa	$\chi_p$	momen magnetik	m
polarisasi magnetik	J	kerentanan magnetik	$\chi$
magnetisasi	M	Gaya magnetomotive	Fm
permeabilitas	$\mu$	permeabilitas vakum	$\mu_0$
permeabilitas relatif	$\mu_r$	keengganan	Rm
remnance	Br		

Sebuah Contoh toroida Core



Gambar 2.1 torroid inti

Sebagai contoh konkret untuk perhitungan seluruh halaman ini kita mempertimbangkan 'direkomendasikan' toroida, atau cincin inti, Produsen menggunakan bahan berasal toroids karakteristik karena tidak ada kesenjangan, bahkan sisa satu. Tes ini dilakukan dengan menggunakan core luka sepenuhnya daripada hanya dua putaran di sini; tapi, menyediakan permeabilitas tinggi, maka kesalahan akan menjadi kecil

Tabel 2.2

Parameter	Symbol	Nilai
Panjang jalan magnetik efektif	$l_e$	$27,6 \times 10^{-3} \text{ m}$
Kawasan inti efektif	$A_e$	$19,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
Permeabilitas relatif	$\mu_r$	2490
faktor induktansi	$Al$	2200 nH
kejenuhan kerapatan fluksi	$B_{sat}$	360 mT

Mari kita bekerja contoh untuk menemukan induktansi untuk yang berkelok-kelok ditunjukkan dengan hanya dua putaran ( $N = 2$ ).

$$\sum l / A = l_e / A_e = 27.6 \times 10^{-3} / 19.4 \times 10^{-6} = 1420 \text{ m}^{-1}$$

$$\mu = \mu_0 \times \mu_r = 1.257 \times 10^{-6} \times 2.490 = 3.13 \times 10^{-3} \text{ Hm}^{-1}$$

$$R_m = (\sum l / A) / \mu = 1420 / 3.13 \times 10^{-3} = 4.55 \times 10^5 \text{ Pada Wb}^{-1}$$

$$Al = 10^9 / R_m = 10^9 / 4.55 \times 10^5 = 2200 \text{ nH per turn}^2$$

$$L = Al \times N^2 = 2200 \times 10^{-9} \times 2^2 = 8,8 \mu\text{H}$$

Core Factor: Core Factor di SI

table 2.3

Nama kuantitas	faktor inti atau geometris inti konstan
Kuantitas simbol	$\sum l / A$
Nama unit	per meter
Unit simbol	$m^{-1}$

Gagasan tentang faktor inti, selain dari menambah jargon :-), untuk membungkus dalam satu tokoh yang kontribusi terhadap keengganan inti yang dibuat oleh ukuran dan bentuk inti. Biasanya dikutip dalam data lembar tetapi dihitung sebagai

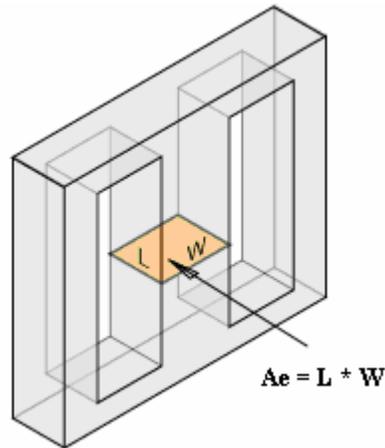
$$\sum l / A = l_e / A_e m^{-1}$$

Jadi untuk contoh kita toroida kita temukan

$$\sum l / A = 27.6 \times 10^{-3} / 19.4 \times 10^{-6} = 1420 m^{-1}$$

Faktor inti sering ditetapkan dalam milimeter-1. Anda harus kemudian kalikan dengan 1000 sebelum menggunakannya dalam rumus untuk keengganan.

### Efektif Area



Gambar 2.2 wilayah Efektif

Daerah efektif dari inti mewakili luas penampang dari salah satu anggota badan. Biasanya berkaitan erat dengan dimensi fisik tetapi karena fluksi inti mungkin tidak didistribusikan sepenuhnya merata produsen akan menentukan nilai  $A_e$  yang mencerminkan hal ini.

Kebutuhan wilayah inti muncul ketika Anda ingin menghubungkan kerapatan fluksi dalam inti (dibatasi oleh material type) terhadap total fluks ia membawa

$$A_e = \Phi / B$$

Dalam contoh toroida daerah dapat ditentukan kira-kira sebagai produk inti dari ketinggian dan perbedaan antara mayor dan minor jari-jari

$$A_e = 6,3 \times ((12,7-6,3) / 2) = 20,2 \text{ mm}^2$$

Namun, karena fluks berkonsentrasi di mana panjang jalan lebih singkat lebih baik menggunakan nilai dinyatakan oleh pabrik - 19,4 mm<sup>2</sup>. Untuk bentuk toroida sederhana  $A_e$  dihitung sebagai

$$A_e = h \times L N^2 (R_2/R_1) / (1/R_1 - 1/R_2) m^2$$

Ini mengasumsikan tepi persegi ke toroida; nyata yang sering dibulatkan. Ada sedikit twist untuk pertanyaan luas: nilai produsen untuk  $A_e$  akan memberikan memberikan yang benar hasil ketika digunakan untuk menghitung keengganan inti tapi mungkin tidak sempurna untuk menghitung kejenuhan fluks (yang tergantung pada bagian tersempit inti atau Amin). Dalam dirancang dengan baik inti Amin tidak akan sangat berbeda dari  $A_e$ , tetapi menyimpannya dalam pikiran.

Catatan: Area efektif biasanya dikutip dalam milimeter persegi. Banyak rumus dalam buku data secara implisit mengasumsikan bahwa nilai numerik di mm<sup>2</sup> digunakan. Buku lain, dan catatan ini, mengasumsikan meter persegi.

## Panjang Efektif

### Panjang efektif dalam SI

Tabel 2.4

Nama kuantitas	panjang efektif
Kuantitas simbol	$l_e$
Nama unit	meter
Unit simbol	m

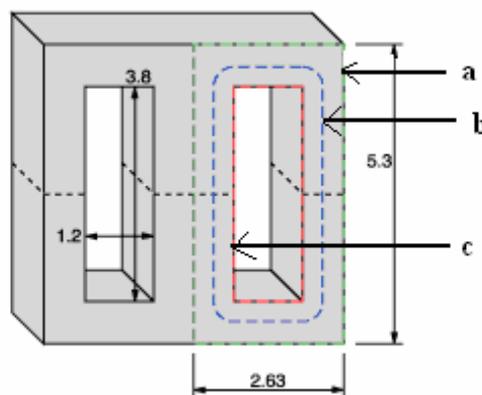
Efektif Panjang dari sebuah inti adalah ukuran jarak perjalanan yang garis-garis fluks dalam membuat sebuah rangkaian lengkap itu. Biasanya ini berkaitan erat dengan dimensi fisik, tapi inti karena fluksi memiliki kecenderungan untuk berkonsentrasi pada bagian dalam sudut-sudut jalan produsen akan menentukan nilai  $l_e$  yang mencerminkan hal ini. Dalam contoh toroida jalan panjang dapat ditentukan kira-kira sebagai

$$l_e = \pi \times (12,7 + 6,3) / 2 = 29,8 \text{ mm}$$

Namun, karena fluks berkonsentrasi di mana panjang jalan lebih singkat lebih baik menggunakan nilai dinyatakan oleh pabrik - 27,6 mm. Untuk bentuk toroida sederhana  $l_e$  dihitung sebagai

$$l_e = 2\pi \times \ln(R_2 / R_1) / (1 / R_1 - 1 / R_2)$$

Tipe inti umum lainnya, yang EE, ditunjukkan pada Gambar: ditunjukkan pada Gambar: 2.3



Gambar 2.3 Flux jalan

Garis (c) mewakili jalan terpendek yang garis fluks bisa memakan waktu untuk pergi mengelilingi inti. (A) garis terpanjang. Ditunjukkan pada (b) adalah jalan yang

panjangnya adalah bahwa jalan pendek ditambah empat sektor yang jari-jari adalah cukup untuk mengambil jalan pertengahan jalan menuruni tungkai.

$$l_e = 2(3.8 + 1.2) + \pi((2.63 - 1.2) / 2)$$

= 12,25 mm Ini semua agak perkiraan, tetapi ingat bahwa sejak manufaktur toleransi pada permeabilitas sering 25% tidak ada gunanya menjadi lebih tepat.  
Tabel 2.5

Nama kuantitas	Gaya magnetomotive
Kuantitas simbol	$F_m$ $\eta$ atau $\mathcal{L}$
Nama unit	Ampere
Unit simbol	m

Catatan: Effective panjang biasanya dikutip dalam milimeter. Banyak rumus dalam buku data secara implisit mengasumsikan bahwa nilai numerik dalam mm dapat digunakan. Buku lain, dan catatan ini, mengasumsikan meter.  
Tabel 2.6

Perbandingan dengan dengan unit Electric		
kuantitas	Unit	Formula
Gaya Magnetomotive	ampere	$F_m = H \times l_e$
Gaya gerak listrik	volt	$V = E$ (Electric kekuatan medan) $\times l$ (jarak

MMF dapat dianggap sebagai magnet listrik setara dengan kekuatan. Anda dapat menghitung sebagai

$$F_m = I \times N \text{ ampere ternyata}$$

Satuan MMF sering dinyatakan sebagai bergantian ampere (At) karena hal ini. Dalam contoh inti toroida

$$F_m = 0,25 \times 2 = 0,5 \text{ ampere berubah}$$

Magnetomotive membedakan gaya dengan kekuatan medan magnet (magnetizing gaya). Sebagai analogi memikirkan pelat sebuah kapasitor, dengan tertentu gaya gerak listrik (EMF) di antara mereka. Seberapa tinggi kekuatan medan listrik akan tergantung pada jarak antara pelat. Demikian pula, medan magnet kekuatan dalam inti transformator tidak tergantung hanya pada MMF tetapi juga pada jarak yang harus fluks perjalanan di sekelilingnya.

Sebuah medan magnet merupakan energi yang tersimpan dan  $F_m = 2 W / \Phi$  di mana W adalah energi dalam joule. Anda juga dapat berhubungan mmf terhadap total fluks akan melalui bagian dari sirkuit magnetik yang enggan kau tahu.

$$F_m = \Phi \times R_m \text{ Rowland Hukum}$$

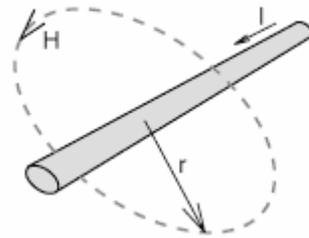
Ada analogi yang jelas di sini dengan sebuah rangkaian listrik dan Hukum Ohm,  $V = I \times R$ .

Magnetic Field Kekuatan medan magnetic dalam SI

Tabel 2.7

Nama kuantitas	kekuatan medan magnet
Kuantitas simbol	H
Nama unit	Ampere per meter
Unit simbol	A m-1

Setiap kali arus yang mengalir itu selalu disertai oleh medan magnet. Ilmuwan berbicara tentang lapangan sebagai yang karena 'muatan listrik bergerak' - suatu penjelasan yang masuk akal elektron yang mengalir sepanjang kawat.



Gambar 2.3 Medan magnet

Kekuatan, atau intensitas, dari bidang ini mengelilingi sebuah kawat lurus diberikan oleh

$$H = I / (2 \pi r)$$

di mana  $r$ , jarak dari kawat, adalah kecil dibandingkan dengan panjang kawat. Situasi kabel pendek digambarkan oleh Biot-Savart persamaan. By the way, jangan bingung kecepatan tuduhan (seperti elektron) dengan kecepatan sinyal perjalanan menuruni kawat mereka masuk. Pikirkan sinyal sebagai batas antara elektron yang telah mulai bergerak dan mereka yang belum berangkat. Batas mungkin bergerak dekat kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>) sedangkan elektron itu sendiri drift (rata-rata) sesuatu yang dekat  $0,1$  mm s<sup>-1</sup>

Anda mungkin benda yang medan magnet juga diproduksi oleh magnet permanen (seperti jarum kompas, kulkas pintu menangkap dan catatan pemegang) di mana tidak ada aliran arus jelas. Ternyata bahwa bahkan di sini itu elektron yang bergerak di orbit sekitar inti atau berputar pada sumbu mereka sendiri yang bertanggung jawab atas medan magnet.

Perbandingan dengan dengan unit Electric

kuantitas	Unit	Formula
Kekuatan medan magnet	ampere per meter	$H = Fm / le$
Kekuatan medan listrik	volt per meter	$E = E / d$

Kekuatan medan magnet medan listrik analog dengan kekuatan. Di mana medan listrik disiapkan antara dua pelat dipisahkan oleh jarak,  $d$ , dan memiliki kekuatan listrik,  $e$ , di antara mereka yang medan listrik diberikan oleh

$$E = E / d \text{ V m}^{-1}$$

Demikian pula, kekuatan medan magnet

$$H = Fm / le$$

Dalam contoh kekuatan lapangan maka -  $H = 0,5 / 27,6 \times 10^{-3} = 18,1$  A m<sup>-1</sup>  
 Analogi dengan kekuatan medan listrik matematika dan bukan fisik. Medan listrik memiliki jelas didefinisikan arti fisik: hanya gaya yang bekerja pada sebuah 'tes muatan' dibagi dengan jumlah muatan.

Kekuatan medan magnet tidak dapat diukur dengan cara yang sama karena tidak ada 'magnet Monopole' setara dengan biaya tes. Jangan mencampuradukkan kekuatan medan magnet dengan kerapatan fluks,  $B$ . Hal ini terkait erat dengan kekuatan medan tapi tergantung juga pada materi di dalam lapangan. Definisi yang ketat  $H$  adalah

$$H = B / \mu_0 - M$$

Rumus ini berlaku umum, bahkan jika bahan-bahan dalam bidang non-seragam memiliki permeabilitas atau momen magnetik permanen. Hal ini jarang digunakan dalam desain kumparan karena biasanya mungkin menyederhanakan perhitungan dengan mengasumsikan bahwa dalam bidang permeabilitas dapat dianggap sebagai seragam. Dengan asumsi bahwa kita mengatakan sebaliknya bahwa

$$H = B / \mu$$

Flux juga muncul dari magnet permanen bahkan ketika tidak ada kabel tentang untuk memaksakan sebuah bidang. Kekuatan lapangan sekitar  $2000 \text{ A m}^{-1}$  adalah tentang batas untuk core terbuat dari bubuk besi.

Magnetic flux flux magnetik di SI

Tabel 2.8

Nama kuantitas	Fluks magnetik
Kuantitas simbol	$\Phi$
Nama unit	Weber
Unit simbol	Wb
Base unit	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-1}$

Kita berbicara tentang daya tarik dalam hal garis gaya atau aliran atau fluks. Meskipun fluxus Latin, berarti 'mengalir' kata Inggris lebih tua dan tidak berhubungan. Flux, kemudian, adalah ukuran jumlah baris ini - total jumlah magnetisme.

Anda dapat menghitung fluks dari waktu integral dari tegangan  $V$  pada yang berkelok-kelok

$$\Phi = (1 / N) \int V \cdot dt \text{ webers}$$

Ini adalah salah satu bentuk hukum Faraday. Jika tegangan konstan diterapkan untuk waktu  $T$  maka ini bermuara pada

$$\Phi = V \times T / N \text{ Wb}$$

Berapa banyak yang matematika sederhana bisa dapatkan? Karena hubungan ini kadang-kadang fluks ditentukan sebagai volt detik.

Perbandingan dengan dengan unit Electric

kuantitas	Unit	Formula
Volt fluks magnet kedua		$\Phi = V \times T$
Amp muatan listrik kedua (= coulomb)		$Q = I \times T$

Meskipun seperti yang ditunjukkan di atas sesuai fluks secara fisik paling erat dengan muatan listrik, Anda mungkin merasa lebih mudah untuk membayangkan fluks yang mengalir mengelilingi inti dalam cara yang arus mengalir sekeliling sirkuit. Kapan tegangan tertentu diterapkan di seluruh komponen dengan resistensi yang diketahui maka arus tertentu akan mengalir.

Demikian pula, penerapan gaya magnetomotive tertentu melintasi ferromagnetic komponen dengan keengganan dikenal hasil dalam jumlah tertentu fluks magnet

$$\Phi = F_m / R_m$$

Ada analogi yang jelas di sini dengan Ohm's Law. Anda juga dapat menghitung fluks sebagai

$$\Phi = I \times L / N$$

Flux juga dapat diperoleh dengan mengetahui baik kerapatan fluksi magnetik dan daerah di mana itu berlaku:

$$\Phi = Ae \times B$$

Sebuah medan magnet merupakan energi yang tersimpan dalam ruang yang ditempati oleh lapangan. Jadi

$$\Phi = 2W / Fm$$

di mana W adalah energi dalam joule lapangan. Atau, sama,

$$\Phi = \sqrt{(2W / Rm)}$$

Magnetic Flux Density

Tabel 2,9

Nama kuantitas	Fluks magnetik
Kuantitas simbol	B
Nama unit	Tesla
Unit simbol	T

Perbandingan dengan dengan unit Electric

Kuantitas	Unit	Formula
Fluks magnet webers per metre <sup>2</sup>		$B = \Phi / \text{Area}$
Fluks listrik coulomb per metre <sup>2</sup>		$D = C / \text{Area}$

Fluks hanyalah fluks total dibagi dengan luas penampang silang bagian melalui yang mengalir

$$B = \Phi / Ae \text{ teslas}$$

Maka 1 weber per meter persegi = 1 tesla. Fluks berkaitan dengan kekuatan medan melalui permeabilitas

$$B = \mu \times H$$

Jadi untuk contoh inti

$$B = 3,13 \times 10^{-3} \times 18,1 = 0,0567 \text{ teslas}$$

menunjukkan bahwa 'B bidang' hanyalah efek yang 'H bidang' adalah penyebabnya. Dapatkah kita bayangkan setiap kualitatif perbedaan antara mereka? Tentu saja dari sudut pandang praktis desain kumparan ada jarang yang perlu melampaui persamaan TMD. Namun, kehadiran bahan magnet memodifikasi rumus

$$B = \mu_0 (M + H)$$

Jika pola medan B di sebuah bar magnet dibandingkan dengan bidang H maka garis-garis bentuk B loop terus menerus tanpa awal atau akhir baris sedangkan H mungkin baik berasal atau berakhir pada kutub magnet. Sebuah pernyataan matematis aturan umum ini adalah

$$\text{div } B = 0$$

Anda bisa berpendapat bahwa B lebih baik menunjukkan kekuatan medan magnet dibandingkan dengan 'medan magnet kekuatan 'H! Ini adalah salah satu alasan mengapa penulis modern cenderung untuk tidak menggunakan nama dan tongkat ini, bukan dengan 'B bidang' dan 'H bidang'. Definisi B adalah dalam hal kemampuannya untuk menghasilkan gaya F pada sebuah kawat, panjang L

$$B = F / (\text{saya} \times L \times \sin \theta) \text{ Ampere}$$

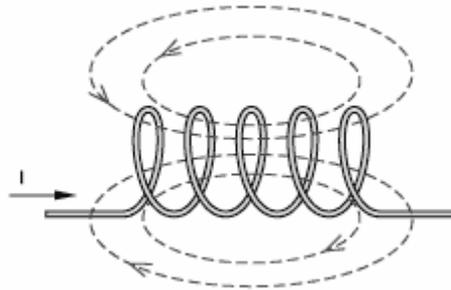
Lawwhere? adalah sudut antara kawat dan arah lapangan. Jadi sepertinya bahwa H menjelaskan cara magnet yang dihasilkan oleh muatan listrik bergerak (yang adalah apa yang arus), sedangkan B adalah melakukan dengan kemampuan untuk bisa dideteksi dengan menggerakkan tuduhan.

Pada akhirnya, baik B dan H hanya abstraksi matematika yang dapat digunakan untuk model efek magnetik. Mencari penjelasan lebih solid tidak mudah. Sebuah merasakan besaran khas B membantu. Salah satu meter di udara dari kawat lurus panjang membawa satu ampere B 200 nanoteslas tepat. Lapangan bumi memiliki nilai sekitar 60 microteslas (tapi bervariasi dari satu tempat ke tempat). Sebuah magnet permanen largish akan memberikan 1 T, besi jenuh di sekitar 1,6 T dan sebuah super melakukan elektromagnet dapat mencapai 15 T.

Tabel 2,10

Nama kuantitas	Fluks linkage
Kuantitas simbol	$\lambda$
Nama unit	Weber-turn
Unit simbol	Wb-t
Base unit	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-1}$

Dalam induktor ideal fluks yang dihasilkan oleh salah satu berubah akan mengepung semua berubah lain lain. Real kumparan mendekati ideal ini ketika salib dimensi penampang dari gulungan kecil dibandingkan dengan diameter, atau jika permeabilitas tinggi memandu inti kanan jalan fluksi bundar.



Gambar 2.4 Hubungan Flux

Dalam lagi kumparan inti udara situasi cenderung lebih dekat dengan yang tampak pada Fig.TFK: Di sini kita melihat bahwa kerapatan fluks menurun menuju ujung kumparan karena beberapa fluks mengambil 'jalan pintas' melewati luar belokan. Mari kita berasumsi bahwa arus kumparan adalah 5 ampere dan bahwa masing-masing garis mewakili fluks 7 mWb.

Pusat tiga kali putaran semua 'link' empat baris fluks: 28 mWb.

Kedua luar link ternyata hanya dua baris fluks: 14 mWb.

Kita dapat menghitung total 'fluks linkage' untuk kumparan sebagai:

$$\lambda = 3 \times 28 + 2 \times 14 = 112 \text{ mWb-t}$$

Manfaat dari hasil ini adalah bahwa hal itu memungkinkan kita untuk menghitung total induktansi diri dari kumparan, L:

$$L = \lambda / I = 112 / 5 = 22,4 \text{ mH}$$

Secara umum, di mana kumparan yang ideal diasumsikan, Anda melihat ekspresi yang melibatkan  $N \times \Phi$  atau  $N \times d\Phi / dt$ . Lebih besar ketepatan Anda pengganti  $\lambda$  atau  $d\lambda / dt$ .

Tabel 2,11

Nama kuantitas	Induktansi
Kuantitas simbol	L
Nama unit	Henry
Unit simbol	H
Base unit	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$

Perbandingan dengan dengan unit Electric

kuantitas	Unit	Formula
Webers per amp induktansi		$L = \Phi / I$
Kapasitansi coulomb per volt		$C = Q / V$

Setiap panjang kawat mempunyai induktansi. Induktansi adalah ukuran kemampuan sebuah kumparan untuk menyimpan energi dalam bentuk dari medan magnet. Didefinisikan sebagai laju perubahan fluks dengan arus

$$L = N \times d\Phi / DI$$

Jika permeabilitas bahan inti dianggap konstan maka hubungan antara fluks dan arus linear dan sehingga:

$$L = N \times \Phi / I$$

Oleh Pergantian dari TMM Persamaan dan Rowland's Law

$$L = N^2 / R_m$$

Induktansi Anda dapat berhubungan langsung dengan energi yang diwakili oleh medan magnet di sekitarnya

$$L = 2 W / I^2$$

Mana lapangan W adalah energi dalam joule.

Dalam prakteknya, di mana inti permeabilitas tinggi digunakan, induktansi biasanya ditentukan dari Al nilai yang ditetapkan oleh pabrik pembuatnya untuk inti

$$L = 10^{-9} Al \times N^2$$

Induktansi toroida untuk contoh ini kemudian:

$$L = 2200 \times 10^{-9} \times 2^2 = 8,8 \mu\text{H}$$

Jika tidak ada inti feromagnetik sehingga  $\mu_r$  adalah 1,0 (kumparan adalah 'udara buang biji') maka berbagai formula-formula yang tersedia untuk memperkirakan induktansi. Yang benar yang akan digunakan tergantung pada

1. Apakah kumparan memiliki lebih dari satu lapisan berubah.
2. Rasio panjang untuk kumparan kumparan diameter.
3. Bentuk penampang dari multi-lapisan berkelok-kelok.
4. Apakah kumparan adalah luka pada lingkaran, poligonal atau mantan persegi panjang.
5. Apakah kumparan terbuka berakhir, atau membungkuk bulat menjadi toroida.
6. Apakah bagian salib kawat bulat atau persegi panjang, tabung atau padat.
7. Para permeabilitas kawat.

8. Frekuensi operasi.
9. Fase bulan, arah angin dll.

Tabel 2,12

Nama kuantitas	Faktor Induktansi
Kuantitas simbol	$A_1$
Nama unit	NanoHenry
Unit simbol	nH
Base unit	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$

$A_1$  biasanya disebut faktor induktansi, didefinisikan

$$A_1 = L \times 10^9 / N^2$$

Jika Anda mengetahui faktor induktansi maka Anda dapat kalikan dengan kuadrat dari jumlah putaran untuk menemukan induktansi di nano henries. Dalam contoh kita inti  $A_1 = 2200$ , sehingga induktansi adalah

$$L = 2200 \times 10^{-9} \times 2^2 = 8.800 \text{ nH} = 8,8 \mu\text{H}$$

Inti produsen dapat secara langsung menentukan nilai  $A_1$ , tapi sering Anda harus menurunkannya melalui keengganan,  $R_m$ . Keuntungan dari ini adalah bahwa hanya satu set data perlu disediakan untuk mencakup serangkaian core memiliki dimensi yang identik tapi palsu menggunakan bahan-bahan yang memiliki permeabilities berbeda.  $A_1 = 10^9 / R_m$  Jadi, untuk contoh kita inti toroida

$$A_1 = 10^9 / 4,55 \times 10^5 = 2200$$

Faktor induktansi kadang-kadang dapat dinyatakan sebagai "millihenries per 1.000 berubah". Ini identik dengan nanohenries per putaran dan mengambil nilai numerik yang sama.

Jika anda tidak memiliki data mengenai inti di semua kemudian angin sepuluh putaran kawat ke atasnya dan mengukur induktansi (dalam henrys) menggunakan induktansi meter. Al nilai akan membaca  $10^7$  kali ini.

$A_1$  nilai-nilai, seperti permeabilitas, non-linear fungsi berubah. Nilai-nilai yang dikutip biasanya diukur rendah ( $<0,1$  mT) fluks.

Tabel 2,13 reluctansi

Nama kuantitas	reluctansi
Kuantitas simbol	$R_m$ atau R
Nama unit	Per Henry atau ampere-turns per weber
Unit simbol	H-1
Base unit	$\text{A}^2 \text{s}^2 \text{kg}^{-1} \text{m}^{-2}$

reluctansi adalah rasio mmf untuk fluks

$$R_m = F_m / \Phi$$

Dalam rangkaian magnetik ini berkaitan dengan Hukum Ohm dan hambatan dalam sebuah rangkaian listrik. Bandingkan

$$R_e = V / I$$

Keengganan ini juga sebanding dengan faktor inti,  $\sum l / A$ , tapi berbanding terbalik dengan permeabilitas

$$R_m = (\sum l / A) / \mu$$

Sekali lagi, bandingkan

$$R_e = (\sum I / A) / \sigma$$

di mana  $\sigma$  adalah konduktivitas listrik yang diberikan sebuah konduktor dari panjang dan luas penampang.

Berhati-hatilah untuk menggunakan absolut daripada permeabilitas relatif di sini. Jadi untuk contoh toroida keengganan ini kemudian:

$$R_m = 1420 / 3,13 \times 10^{-3} = 4,55 \times 10^5 \text{ A-t Wb}^{-1}$$

Sebuah medan magnet merupakan energi yang tersimpan dan

$$R_m = 2 W / \Phi^2$$

Persamaan TMR

di mana  $W$  adalah energi dalam joule.

Meskipun ini bisa menjadi sebuah konsep yang berguna ketika menganalisis seri atau paralel kombinasi magnet komponen keengganan adalah, seperti permeabilitas, non-linear dan harus digunakan dengan hati-hati. Anda bisa dimaafkan bila berpikir bahwa tidak akan ada perlu untuk menjelaskan apa yang arus. Itu jelas kan? Kesalahan Anda adalah melupakan betapa keras semua penulis pada elektromagnetisme berusaha untuk mengaburkan subjek yang sudah sulit. Sini masalahnya.

Ketika mempertimbangkan kekuatan magneto-motif itu tidak ada bedanya apakah Anda memiliki dua belas berubah kawat membawa satu amp, atau tiga ternyata membawa empat ampli, atau dua putaran dengan enam amp. Sejauh mmf pergi itu semua hanya 'dua belas ampere-berubah'. Anda akan mendapatkan hanya medan magnet yang sama dalam setiap kasus.

Penalaran yang detail mengenai jumlah putaran dan jumlah ampli tidak masalah, hanya produk dari dua, beberapa penulis memutuskan untuk mengatakan bahwa arus dua belas amp. Mereka menulis saya = 12 A dan menyerahkan kepada Anda untuk memutuskan skenario mana membawa bahwa 'sekarang'. Praktek berbahaya ini membawa lebih untuk formula juga.

Yang baik-baik saja asalkan konsisten dan jelas kepada pembaca apa yang terjadi. Jika perubahan arus kemudian, dengan Hukum Faraday kita memiliki tegangan induksi. Anda kemudian harus ingat bahwa induksi tegangan adalah per putaran dan bukan total kumparan tegangan. Ambiguitas mulai merayap masuk Itu tergantung, mungkin, pada apakah Anda lebih tertarik dalam fisika atau teknik. Halaman ini mengambil melihat dan membedakan kedua arus dari mmf. Saat ini di sini, kemudian, adalah apa yang ammeter membaca, dan jumlah kumparan berubah,  $N$ , ditulis secara eksplisit. Para fisikawan mendapatkan jalan mereka pada akhirnya karena, meskipun anda mungkin hanya berbicara tentang keengganan sebagai 'ampere-putaran tiap weber', induktansi sebagai 'weber-putaran tiap ampere' semakin sedikit dibuat-buat - bahkan jika itu tidak mencerminkan konsep fluks linkage agak baik. Tetapi permeabilitas sebagai 'weber-putaran tiap ampere-meter'?

Trivia poin: mengapa adalah simbol saya digunakan untuk saat ini? Diduga, itu singkatan dari 'intensitas listrik', sebagai lawan ke 'jumlah total listrik' (biaya). Maxwell, walaupun, menggunakan simbol  $C$  untuk saat ini dan digunakan intensitas listrik untuk merujuk pada E-field: apa yang kebanyakan orang sekarang tahu sebagai kekuatan medan listrik. Jadi pergi.

Kerapatan arus dalam SI

Tabel 2,14

Nama kuantitas	kerapatan arus
Kuantitas simbol	J
Nama unit	ampere per meter persegi
Unit simbol	A m <sup>-2</sup>

Kerapatan arus hanyalah arus listrik total dibagi dengan daerah di mana itu mengalir. Contoh: jika sebuah kawat berdiameter 0,7 milimeter membawa arus 0,5 ampere maka kerapatan arus  $J = 0.5 / (\pi 0,0007^2 / 4) = 1,30 \times 10^6 \text{ J m}^{-2}$  Atau 1.3 amps per millimetre<sup>2</sup>. Batas yang wajar transformer paling kecil adalah  $3,5 \times 10^6 \text{ A m}^{-2}$ . Jumlah belitan Tradisi, koil perhitungan menggunakan huruf N untuk mewakili jumlah belitan dalam kumparan. Kumparan solenoida kadang-kadang digambarkan dengan menggunakan huruf kecil huruf n untuk mewakili jumlah putaran per satuan panjang. Sehingga  $N = n \times l_a$  Mana la adalah panjang aksial kumparan.

Tentu saja, bagi sebagian besar desain, jumlah putaran yang diperlukan adalah \$ 64.000 pertanyaan. Jawabannya datang yang membingungkan berbagai bentuk. Untuk kasus yang paling umum, seperti contoh inti toroida, di mana produsen telah ditentukan Al

$$N = \sqrt{(10^9 L / Al)}$$

Jadi, jika Anda membutuhkan 330 microhenries lalu

$$N = \sqrt{(10^9 \times 330 \times 10^{-6} / 2200)} = 12$$

Hubungan antara quantitiesFlux magnet, kuat medan, permeabilitas, keengganan mudah masuk ke jargon yang berlebihan.

Snelling daftar lebih dari 360 simbol yang berbeda menggunakan terhubung dengan ferromagnetics. Bahkan tidak ada kesepakatan tentang apa yang harus memanggil beberapa properti (Aku berkata remnance, katamu remanence, katanya retentivity). Anda akan berupaya lebih baik jika Anda dapat membentuk gambaran mental dari partai yang nama-nama ini melempar ketika mereka mendapatkan bersama-sama di dalam transformator.

Analogi dengan jumlah listrik

Anda mungkin akan lebih mudah untuk mendapatkan pemahaman intuitif hubungan antara jumlah magnetik oleh berpikir dalam kerangka 'magnet sirkuit' dengan fluks yang mengalir mengelilingi inti dalam mode analog untuk saat ini mengalir sepanjang sirkuit listrik.

Listrik analog

Tabel 2,15

Magnetic	Electric
kuantitas	kuantitas
gaya magnetomotive	gaya gerak listrik (tegangan)
kekuatan medan magnet	kekuatan medan listrik
permeabilitas	konduktivitas
fluks magnet	arus
kerapatan fluks magnet	kerapatan arus
reluctansi	resistansi

Sebagai contoh, jika Anda memiliki sebuah transformator dengan inti gapped kemudian membayangkan bahwa inti dan bentuk kesenjangan serangkaian rangkaian

magnetik dengan fluks yang sama yang mengalir melalui kedua keengganan komponen dalam sebuah analog mode serangkaian sirkuit listrik yang mengalir arus yang sama melalui dua resistor

$$F_m = \Phi \times (R_m\_gap + R_m\_core) \text{ ampere-belitan}$$

membandingkan

$$V = I \times (R_1 + R_2) \text{ volt}$$

Ada sebuah keluarga seluruh formula-formula yang mengambil bentuk semacam itu baik di listrik dan magnet dunia.

### **Kraus daftar sebagian besar dari mereka.**

Semua analogi rusak ketika didorong terlalu jauh. Ini salah seorang jatuh agak cepat jika Anda menyadari bahwa Curent mengalir melalui sebuah resistor energi berkurang sedangkan fluks yang mengalir melalui keengganan tidak. Bahkan Anda dapat bertanya apakah fluks efek fisik yang nyata sekali (dalam cara yang aliran elektron).

### **Urutan operasi**

Dalam desain transformator yang biasanya suka berurusan dalam hal tegangan pada gulungan. Namun, kunci untuk memahami apa yang terjadi dalam sebuah transformator (atau komponen luka lain) adalah untuk menyadari bahwa apa yang benar-benar peduli tentang transformator adalah arus dalam gulungan, dan bahwa segala sesuatu berikut pada dari itu.

1. Arus dalam yang berkelok-kelok magneto-motif menghasilkan kekuatan  $F_m = I \times N$  ampere-belitan
2. The magneto-kekuatan pendorong menghasilkan medan magnet  $H = F_m / l_e$  ampere-putaran tiap meter
3. Bidang menghasilkan kerapatan fluks magnetik  $B = \mu \times H$  tesla
4. menyimpulkan atas luas penampang inti ini setara dengan total fluks  $\Phi = B \times A_e$  webers
5. Fluks menghasilkan tegangan induksi (EMF)  $e = N \times d\Phi / dt$  volt

Jika Anda dapat mengikuti langkah lima urutan ini kemudian membangun sebuah citra mental dari suatu komponen magnetik menjadi lebih sederhana. Ingat, Anda masukkan ke dalam arus dan mendapatkan kembali suatu tegangan induksi. Bahkan, jika Anda dapat memperlakukan permeabilitas sebagai linier, maka konstanta  $N$ ,  $l_e$ ,  $\mu$  dan  $A_e$  dapat disatukan ke dalam satu konstan untuk yang berkelok-kelok yang disebut (kejutan!) Induktansi,  $L = \mu \times A_e \times N^2 / l_e$  henrys

Aku memberikan unit dasar untuk semua besaran dalam persamaan ini; memungkinkan pencari ketegangan untuk membuat dimensi analisis memverifikasi bahwa itu konsisten. Benar, jadi lima langkah kami saat ini dan hubungan antara EMF bermuara pada:

$$e = L \times dI / dt \text{ volt}$$

Anda mungkin akan mengeluh bahwa Anda mengetahui EMF pada berkelok-kelok Anda tetapi tidak tahu arus dalam ini. Jawabannya adalah bahwa proses itu bekerja terbalik - yang saat ini akan membangun sampai induksi tegangan cukup untuk melawan tegangan yang diberikan. Anda dapat mengetahui lebih lanjut dengan melihat pada hukum Faraday. Bagaimana Anda mempertimbangkan kehadiran di gulungan sekunder transformator? Salah satu cara adalah mengambil empat langkah pertama dari urutan atas

dan menerapkannya secara terpisah untuk masing-masing lilitan (apakah primer atau sekunder). Penjumlahan aritmetik atas semua gulungan memberikan inti total fluks. Dari waktu tingkat perubahan fluks maka Anda tegangan induksi di setiap berkelok-kelok (karena Anda juga tahu jumlah bergantian untuk masing-masing). Ada kurang membosankan transformator metode analisis operasi yang akan Anda mungkin lebih baik menggunakan. Tapi mereka adalah cerita lain.

### **Fenomena 2,2 Magnetic material ferromagnetic**

Ferromagnetism magnetik adalah salah satu negara dari zat dicirikan oleh orientasi paralel momen magnetik pembawa nuklir magnetisme. Hal ini disebabkan oleh nilai positif energi interelectronic pertukaran interaksi. Permeabilitas magnetik bahan ferromagnetic adalah positif dan nilai mencapai sekitar 105 G / Oe. J magnetisasi mereka tumbuh dengan peningkatan medan magnet? tidak linear dan mencapai nilai batas  $J_s$  (magnetik saturasi). Nilai J tergantung juga pada "sejarah magnetik" sampel. Ini membuat ketergantungan J pada? ambigu, sehingga kurva histeresis magnetik diamati.

Ferromagnetic kurva histeresis (loop) ditandai dengan beberapa parameter: coercivity, remanence (atau remanent magnetisasi), magnetisasi dari kejenuhan, produk-produk energi maksimum (atau kekuatan magnet). Coercitivity  $H_c$  adalah bidang yang harus diterapkan untuk ferromagnetic bahan untuk membuat magnetisasi sama dengan nol. Coercitivity tinggi sangat penting bagi magnet permanen untuk tinggal magnet di hadapan medan magnet yang berlawanan. Sebaliknya untuk magnetik transformer coercitivity besar berbahaya karena meningkatkan energi yang hilang. Remanence adalah sisa magnetisasi dari bahan feromagnetik tidak adanya medan magnet eksternal (setelah eksternal bidang magnetizing telah dimatikan). Parameter ini nyaman digunakan untuk perbandingan relatif "kekuatan" magnet berbeda. Itu sangat tergantung pada komposisi dan magnet metode manufaktur. Magnetisasi dari kejenuhan adalah magnetisasi dari bahan ferromagnetic sangat kuat (infinity kuat) medan magnet. Semua atom dalam kasus ini adalah magnet dalam satu arah. Kekuatan magnet adalah luas histeresis loop. Ini memberikan ukuran dari energi yang tersimpan di magnet. Itu unit biasa Mega Gauss-Oersted (MGOe). Unit SI kJ/m<sup>3</sup>. [1 MGOe = 8 kJ/m<sup>3</sup>].

Besi, nikel, kobalt, beberapa langka Bumi (gadolinium, disprosium) menunjukkan sifat ferromagnetic. Sebagian besar bahan-bahan tersebut memiliki poli-bentuk kristalin. Samarium dan neodymium dalam paduan dengan kobalt telah digunakan untuk mengarang sangat kuat magnet bumi yang langka. Seperti magnet yang sangat tinggi coercivity, remanence, produk-produk energi maksimum. Sebaliknya beberapa amorf (non-kristalin) feromagnetik logam paduan pameran coercivity rendah, kerugian histeresis rendah dan permeabilitas yang tinggi. Seperti paduan amorf dapat mengarang dengan sangat cepat pendinginan (pendinginan) dari suatu cairan paduan (biasanya Fe, Co, atau Ni dengan B, C, Si, P, atau Al). Satu contoh dari sebuah paduan amorf Fe<sub>80</sub>B<sub>20</sub> (Metglas 2605).

Ferromagnetism adalah sebuah koperasi yang disebut fenomena, seperti atom tunggal tidak dapat memperlihatkan ferromagnetism, tapi sekali jumlah tertentu atom terikat bersama-sama dalam bentuk padat, sifat-sifat ferromagnetic muncul. Jika bahan ferromagnetic didinginkan dari atas temperatur Curie, mikroskopik domain dengan nol bentuk magnetisasi. Domain spontan magnet sampai saturasi. Mereka biasanya memiliki linier ukuran sekitar  $10^{-3}$ - $10^{-2}$  cm. Para suhu Curie memberikan gagasan tentang

jumlah energi yang diperlukan untuk istirahat. up jangka panjang memesan dalam materi. Para suhu Curie besi sekitar 1043 K, yang sesuai dengan energi panas sekitar 0,135 eV. Dalam ketidakhadiran sebuah medan magnet luar vektor magnetisasi dari domain yang berbeda berorientasi arah berlawanan, sehingga bersih magnetisasi material adalah nol.

Seperti konfigurasi domain mengurangi energi dari medan magnet yang dihasilkan oleh bahan ferromagnetic dalam ruang eksternal. Itu arah vektor magnetisasi bertepatan domain biasanya dengan mudah arah magnetisasi sumbu, yang menyediakan minimum energi bebas dari bahan ferromagnetic. Jika ukuran ferromagnetic bahan kurang maka ukuran kritis, kemudian membelah diri menjadi domain penuh semangat bisa menjadi tidak menguntungkan dan satu-struktur domain terbentuk. Kasus seperti ditunjukkan pada animasi (masing-masing arrow mewakili satu magnetik domain). Dalam prakteknya kasus seperti ini dapat diwujudkan dalam film ferromagnetic dan paduan amorf. Jika sumbu magnetisasi mudah bertepatan dengan arah lapangan diterapkan H, maka magnetisasi terjadi melalui dinding domain gerak. Jadi, jika medan magnet eksternal meningkat pada arah berlawanan dengan materi magnetisasi, maka undian magnetisasi terjadi tajam ketika  $H = H_a$ , dimana  $H_a$  adalah nilai anisotropi lapangan. Rectangular loop histeresis diamati dan coercivity  $H_c$  sama untuk  $H_a$ .

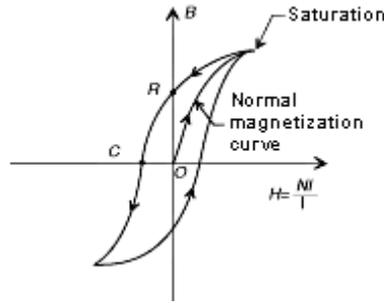
Dalam kasus ketika sumbu magnetisasi mudah diterapkan tegak lurus terhadap bidang H, magnetisasi terjadi dengan domain rotasi dan linier histeresis loop diamati. Seperti bahan ferromagnetic dapat digunakan dalam sistem pengukuran dan transformer sejak magnetisasi mereka berbanding lurus dengan diterapkan medan magnet (atau, misalnya, untuk sebuah arus dari gulungan primer transformator). Dalam bahan ferromagnetic efek dari perubahan modulus Young tindakan di bawah medan magnet (? Effect) diamati. Dalam paduan amorf, misalnya, efek ini bisa cukup besar (Young modulus dapat divariasikan urutan besarnya oleh medan magnet).

Dua terdekat domain magnet dalam arah yang berlawanan selalu dipisahkan oleh sebuah lapisan transitif ketebalan akhir (Bloch Wall) di mana ada pergantian secara bertahap berputar seperti yang ditunjukkan pada animasi.

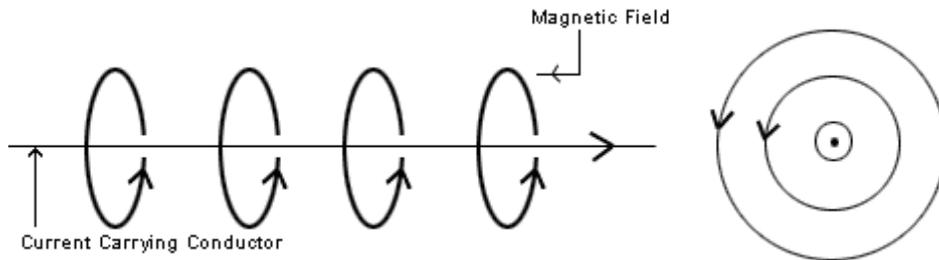
Umumnya magnetisasi dari bahan ferromagnetic terjadi baik dengan menggunakan domain rotasi dan gerakan dinding domain. Kehadiran pengotor dalam bahan magnetik, cacat kisi kristal, berbagai macam non-keseragaman merumitkan Blok pergerakan dinding dan dengan itu menimbulkan coercitivity  $H_c$  dari suatu material.

Magnetostriction adalah perubahan bentuk dan ukuran dari bahan ferromagnetic selama magnetisasi. Fenomena ini ditemukan pada tahun 1842. Dalam bahan ferromagnetic seperti Fe, Ni, Co, di sejumlah paduan dan ferrites yang magnetostriction dapat mencapai nilai yang signifikan (sekitar  $10^{-6}$  -  $10^{-2}$ ). Animasi menunjukkan strip struktur domain dengan mudah magnetisasi sumbu tegak lurus terhadap H. bidang magnetisasi diterapkan disertai dengan rotasi domain yang mengakibatkan perubahan ukuran dari bahan magnetik (magnetostriction).

Magnetostriction memiliki berbagai aplikasi dalam teknik. Fenomena ini mendasari magnetostriction konverter dan garis estafet, generator dan penerima USG, filter dan stabilizer frekuensi, dll Properties kemaknitan 2,3 Transformers Sifat magnetik dicirikan oleh histeresis loop, yang merupakan grafik kerapatan fluksi versus gaya magnetisasi seperti yang ditunjukkan di bawah ini:



Ketika arus listrik mengalir melalui sebuah konduktor (kawat tembaga), itu menghasilkan medan magnet. Medan magnet paling kuat pada permukaan konduktor dan melemah sebagai jarak dari permukaan konduktor meningkat. Medan magnet tegak lurus terhadap arah arus aliran dan arahnya ditentukan oleh aturan tangan kanan ditunjukkan di bawah ini



Gambar 2.6

Ketika konduktor atau kawat adalah luka di sekitar bahan magnetik (ferit, besi, baja, MPP, sendust, fluksi tinggi, dll), dan arus mengalir melalui konduktor, sebuah fluks diinduksi pada material magnetik.

Fluks ini disebabkan oleh medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor membawa arus. Magnetik atom bahan bagian punya dipengaruhi oleh medan magnet dan menyebabkan mereka untuk menyelaraskan dalam suatu arah. Aplikasi medan magnet ini pada material magnetik disebut gaya magnetisasi. Gaya magnetisasi disebut Oersted atau  $A / m$  (ampere per meter).

### Satuan untuk gaya magnetisasi "H"

Hasil penerapan ini medan magnet dari konduktor membawa arus menyebabkan magnetic bahan untuk memiliki fluks magnet yang terbentuk dalam bahan magnetik. Intensitas fluks ini disebut kerapatan fluksi. Oleh karena itu kerapatan fluksi didefinisikan sebagai fluks per wilayah persegi. Kerapatan fluksi disebut Gauss atau Tesla. Satu Tesla is 10,000 Gauss, atau 1mT adalah 10 Gauss.

### Unit untuk flux adalah "B"

Dengan demikian, loop hysteresis sering disebut kurva BH. Pemahaman tentang kurva BH sangat penting dalam desain transformator, tersedak, kumparan dan induktor. Kerapatan fluksi atau B diberikan sebagai

$$B = \frac{E \times 10^8}{4 N f}$$

E = Tegangan Input atau Output, dalam volt (rms)

A = Cross Sectional Area, di  $\text{CMA}^2$

f = Switching frekuensi, dalam Hz

N = Jumlah Turns

Perhatikan bahwa B adalah fungsi dari tegangan (tegangan masukan jika dihitung dari lilitan primer, dan output tegangan jika dihitung dari sisi sekunder). Fluks akan mengurangi jika Anda meningkatkan jumlah belitan Gaya yang magnetisasi atau H diberikan sebagai

$$H = \frac{0,4 \pi NI}{l}$$

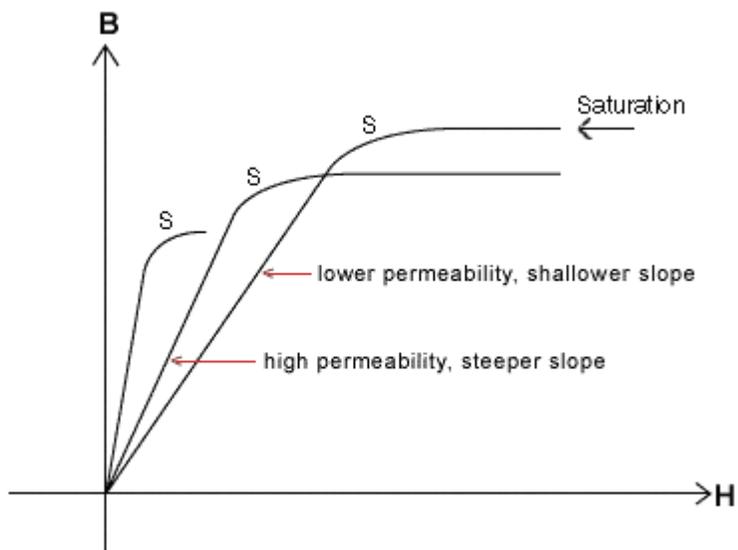
Di mana N = No belitan

I = Arus dalam Amps

l = Magnetic Jalan Panjang dalam cm

Perhatikan bahwa H adalah fungsi dari arus masukan. Seperti ayunan arus dari positif ke negatif fluks perubahan juga, menelusuri kurva.

Permeabilitas material magnetik adalah kemampuan bahan untuk meningkatkan intensitas atau fluks kerapatan fluksi dalam materi ketika arus listrik mengalir melalui sebuah konduktor dililitkan pada menyediakan bahan magnetik gaya magnetisasi. Permeabilitas semakin tinggi, semakin tinggi kerapatan fluks dari gaya magnetisasi tertentu. Jika Anda melihat BH loop lagi, Anda akan perhatikan bahwa sebenarnya permeabilitas kemiringan BH kurva. Yang lebih curam kurva, semakin tinggi permeabilitas seperti yang ditunjukkan di bawah ini.



Sebagai gaya magnetisasi meningkat (atau yang arus atas konduktor meningkat), suatu titik sampai di mana bahan magnet atau inti akan jenuh. Lihat titik "S" di atas pada

kurva. Kapan yang terjadi, peningkatan lebih lanjut H, akan tidak meningkatkan fluks. Lebih penting lagi, permeabilitas pergi ke nol sebagai kemiringan sekarang ini datar.

Dalam situasi ini bahan magnet atau inti akan gagal untuk bekerja sebagai transformator, tersedak, atau induktor. Dalam desain transformer, Anda harus memastikan bahwa arus AC maksimum berayun dari positif ke negatif jauh di bawah titik jenuh. Gambar 2,7

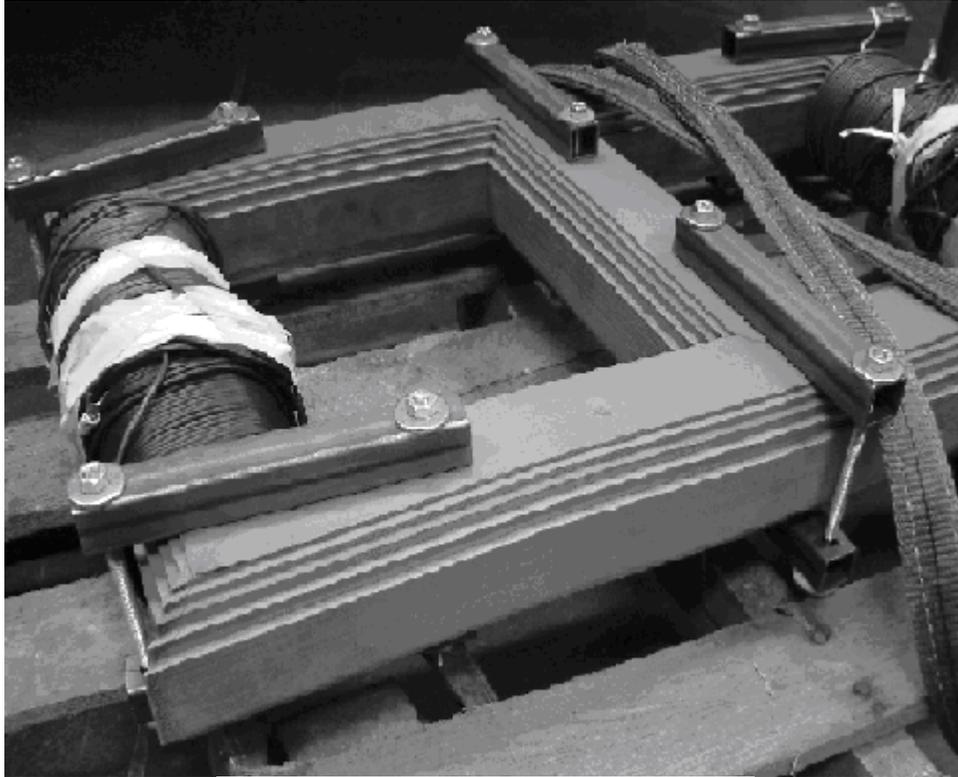
Cara lain untuk mendapatkan saturasi adalah dengan meningkatkan kerapatan fluksi yang biasanya dicapai oleh meningkatkan tegangan (lihat persamaan di atas).

$$B = \frac{\text{Tegangan} \times 10^8}{4 A N f}$$

Dari kurva BH, Anda dapat melihat bahwa ketika permeabilitas tinggi (kemiringan yang curam), yang core akan pergi menjadi lebih cepat saturasi. Sebaliknya, ketika permeabilitas rendah, core jenuh pada fluks yang jauh lebih tinggi kepadatan. Khas 2,4 konstruksi sebuah transformator inti Sebuah foto tipikal inti dari sebuah transformator (rating 400 kVA) ditunjukkan pada Gambar 2. Para belunggu dan kaki telah melangkah inti penampang daerah dibentuk oleh susunan ditumpuk laminasi tipis.

Setiap lapisan laminasi memiliki rata-rata ketebalan 0.28mm. Mengingat detail fisik, sebuah laminasi sendiri adalah lapisan tipis. Laminasi ini, meskipun dijepit pada titik-titik tertentu, masih dapat memiliki kebebasan untuk pesawat relatif di-mosi atas wilayah antarmuka yang tersisa. Sebagai laminasi yang mungkin tidak memiliki permukaan datar yang cocok baik dan karena mereka tidak menutup bersama di atas seluruh luas permukaan, sisa kesenjangan antara laminasi yang tidak dapat dihindari. Motif Magneto-gaya yang bekerja di udara ini kesenjangan dapat menetapkan gerakan relatif melintang antara laminasi. Juga, dengan menjepit kendala poin di tempat, deformasi karena magnetostriktion dapat menetapkan menekuk tambahan dari laminasi piring.

Oleh karena itu, tampaknya menarik untuk mempelajari secara rinci dampak dari fleksibilitas laminasi pada inti struktur. Sebuah studi awal dari efek ini disajikan dalam bagian berikut.



Gambar 2,8 Transformer inti dan laminasi

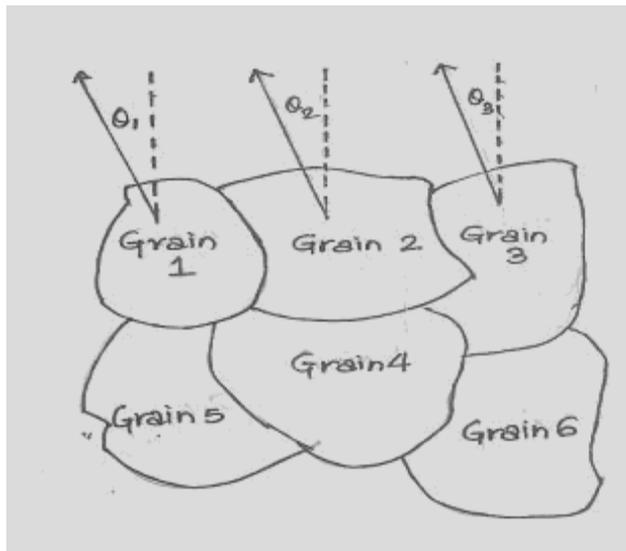
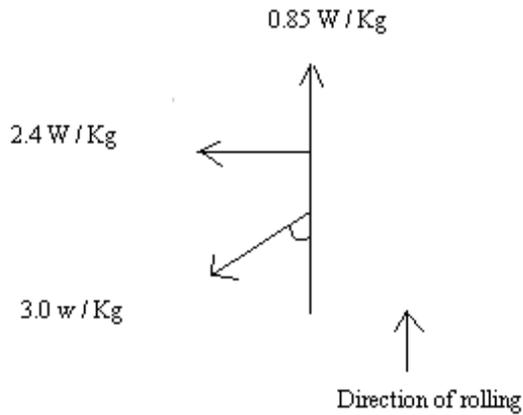
### **MEMAHAMI KERUGIAN HYSTERISIS**

Setiap jenis baja "butir" yang terdiri dari "domain". Ini "domain" bukan apa-apa, tetapi muatan listrik berorientasi dalam arah acak. Oleh karena itu jika sebuah transformator itu harus dibuat dari Mild Steel digunakan sebagai bahan inti, inti akan kehilangan approx. 16-17 w / kg di 1.5T/50Hz dan ukuran transformator akan approx. 18-20 kali ukuran transformator dibuat dengan GO baja.

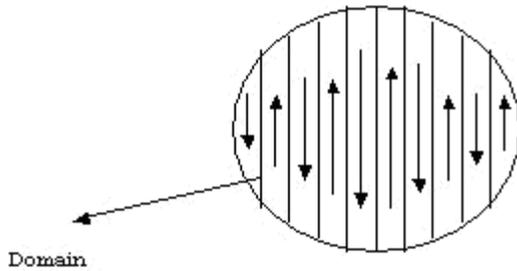
Perbedaan utama antara biasa "karbon" GO baja dan baja adalah:

1. Ukuran "butir" dalam GO baja yang sengaja "ditanam" dan membuat lebih besar dan sekitar 10 kali ukuran butir dalam baja biasa, sehingga mengurangi hystereses kerugian. Ukuran butir dalam CGOS adalah 2 mm hingga 5mm dan HGOS adalah 5mm ke 20mm. Di baja biasa ukuran butir kurang dari 0.5mm.
2. Butir di GO baja semua selaras hampir sejajar dengan arah bergulir dari baja (i.e. panjang baja). Sudut mis-orientasi (yakni penyimpangan dari memutar arah) adalah maksimum 7% untuk GO konvensional dan kurang dari 3% untuk Hi-B GO baja. Hal ini mengurangi kerugian hystereses sebagai "switching" (dijelaskan kemudian) menjadi lebih mudah dalam domain.
3. Komposisi kimia dari baja GO memiliki sekitar 3,2% dari Silicon sebagai paduan, dengan demikian meningkatkan volume tertentu resistivitas dari baja, dengan demikian mengurangi arus eddy. GO Steels juga decarbonised dan tidak lebih dari 0,06% dari karbon dalam kimia komposisi, yang mencegah aeing dari baja.
4. Ada carlite khusus isolasi lapisan pada baja, yang mengurangi antar-laminer kerugian arus eddy di dalam inti.

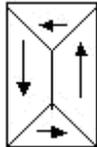
Mari kita memahami bagaimana sebenarnya dikembangkan hystereses kerugian terhadap listrik GO baja: Mikrostruktur dari baja, seperti disebutkan sebelumnya, terdiri dari banyak "butir" yang masing-masing memiliki domain. Diagram yang diperbesar akan terlihat seperti ini: Tipikal inti untuk M4 grade kerugian 1,5 Hz Tesla/50 arah ini



$\theta$  = Sudut dari salah-orientasi dari arah Rolling bijian yang kurang dari 7% untuk CGOS dan kurang Dari 3% untuk HGOS Gambaran yang khas di dalam setiap "grain" akan terdiri dari domain seperti ini:



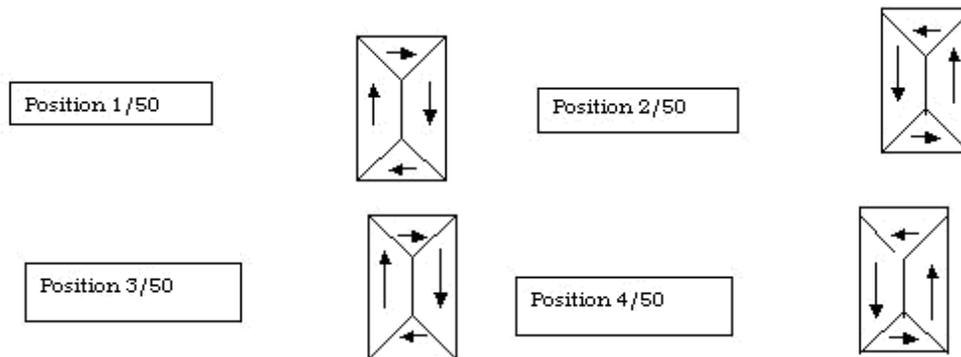
Sebuah domain ketika diperluas akan terlihat seperti ini:



Dengan demikian, setiap domain apa-apa selain magnet tertutup rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar di atas.

Sekarang perhatikan apa yang terjadi ketika arus bolak-balik dari 50 siklus diterapkan. The domain "beralih" mondar-mandir 50 kali dalam satu detik.

Oleh karena itu domain terlihat seperti ini sebagai cadangan saat ini sebanyak 50 kali dan diagram di bawah ini mewakili arah domain sebagai cadangan saat



Dan seterusnya ... .. 50 kali setiap detik.

Hal ini relatif sangat mudah untuk switch vertikal (V1 dan V2) terjadi tetapi sangat sulit bagi horizontal (H1 dan H2) switch terjadi.

Horizontal saklar memerlukan lebih banyak energi yang harus diselesaikan dan juga "tertinggal" di belakang vertikal switch, dan ini menghasilkan panas, yang menyebabkan kerugian hystereses dalam baja. Jumlah total energi yang dibutuhkan untuk switch horizontal terjadi adalah hystereses total kerugian dari baja. Jadi butir yang lebih besar, semakin rendah kerugian karena ada kurang total jumlah butir dalam baja dan karena itu kurang sejumlah "switch" dan rendah hysteresis kerugian.

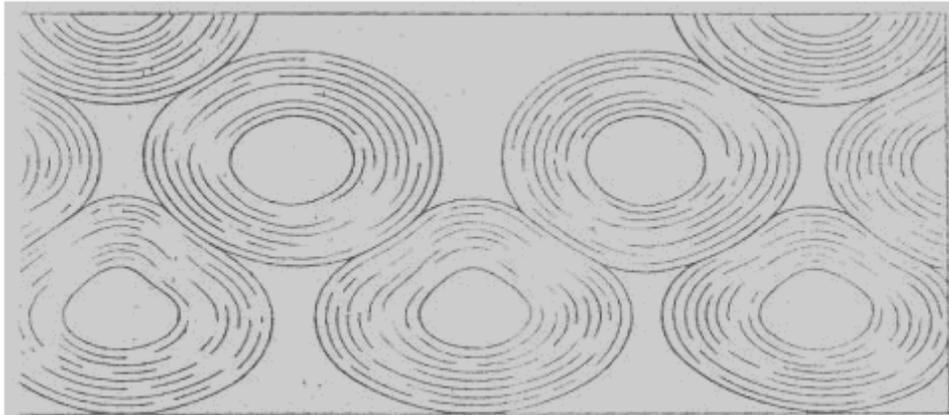
### **DARI PENGOLAHAN BAJA CRGO INTO laminasi**

CRGO baja adalah "halus" baja harus ditangani dengan hati-hati. Sebagai milik magnetik baja dan tidak kekuatan tarik (seperti halnya dengan baja lain) adalah kualitas penting yang diperlukan, maka keharusan bahwa kita memahami nuansa dalam

penanganan, penyimpanan dan pengolahan baja ini. Jika ini tidak dilakukan dengan benar, pada akhirnya menyebabkan kerugian yang lebih tinggi dan hasilnya tidak sesuai desain.

Menekankan terdiri dari dua jenis, plastik elastis stres dan stres. Elastis stres adalah stres sementara yang GO apapun baja dapat dikenakan untuk seperti beban di atas kumparan atau sedikit kekuatan untuk decoil. Itu saat stres dihapus, asli sifat-sifat magnetik dari bahan dikembalikan dan ini tidak lagi rusak. Namun, deformasi plastik karena berkelok-kelok ke core atau menarik atau lakukan peregangan atau tekukan gos sebagai ditunjukkan di bawah ini, hanya bisa diperbaiki oleh anil stres pada sekitar 820 ° C.

1. Kumparan CRGO Penyimpanan harus dilakukan dengan benar sebagai penyimpanan yang tidak tepat dapat mengakibatkan stres yang berlebihan sengaja. Jenis stres bisa elastis atau plastik, tergantung pada tingkat keparahan Yang salah penyimpanan dan fenomena yang dihasilkan dalam bentuk kumparan (jika ada).



Gambar 2,11 Pendahuluan stres dalam baja karena penyimpanan yang tidak tepat kumparan

CRGO adalah bahan baku penting yang merupakan inti transformator.

1. Perawatan yang tepat untuk digunakan dalam penanganan strip, lembaran atau laminasi panjang, gagal yang dapat memperkenalkan menekankan bahwa sifat-sifat magnetik dapat mengganggu
2. Metode memegang laminasi dalam perakitan inti dan tekanan mekanis diterapkan pada perakitan inti juga mempengaruhi inti total kerugian. Uninsulated baut atau perakitan oleh mengelas, akan memberikan jalan resistansi rendah dan meningkatkan kerugian arus eddy dan karenanya harus dihindari. Majelis tinggi menurunkan tekanan resistansi permukaan dan meningkatkan antar-laminar kerugian dan meningkatkan total inti kerugian. Oleh karena itu menjepit berlebihan pada inti harus dihindari sebagai perlawanan dari permukaan isolasi berbanding terbalik dengan tekanan diterapkan. Menjepit tekanan yang tinggi menyebabkan kerusakan Resistivitas permukaan isolasi dan antar-laminar yang lebih tinggi kerugian.

3. Akurat sudut memotong di bermitra core juga menghasilkan distorsi fluks dan meningkatkan keseluruhan inti kerugian. Celah di sambungan udara secara drastis dapat mengubah nilai-nilai inti t ia total kerugian.
4. Variasi ketebalan lebar yang sama bahan langkah tidak hanya menghasilkan masalah-masalah dalam inti bangunan, tetapi juga meningkatkan kehilangan inti keseluruhan materi untuk meningkatkan kesenjangan udara selama assembly.5. Sisa laminasi material di permukaan seperti minyak, debu dll juga negatif mempengaruhi menyusun faktor dan meningkatkan inti total kerugian.

Tabel 2,16

Sound Tingkat: Maksimum tingkat suara adalah sebagai berikut:

TINGKAT suara yang dapat didengar untuk	
LIQUID DIISI Transformers	
KVA	Sound Level (dBA)
0-9	40
10-50	45
51-150	50
151-300	55
301-500	60
1000	58
700	57
1500	60
2000	61
2500	62
3000	63
4000	64
5000	65
6000	66
7500	67
10000	68
12500	69