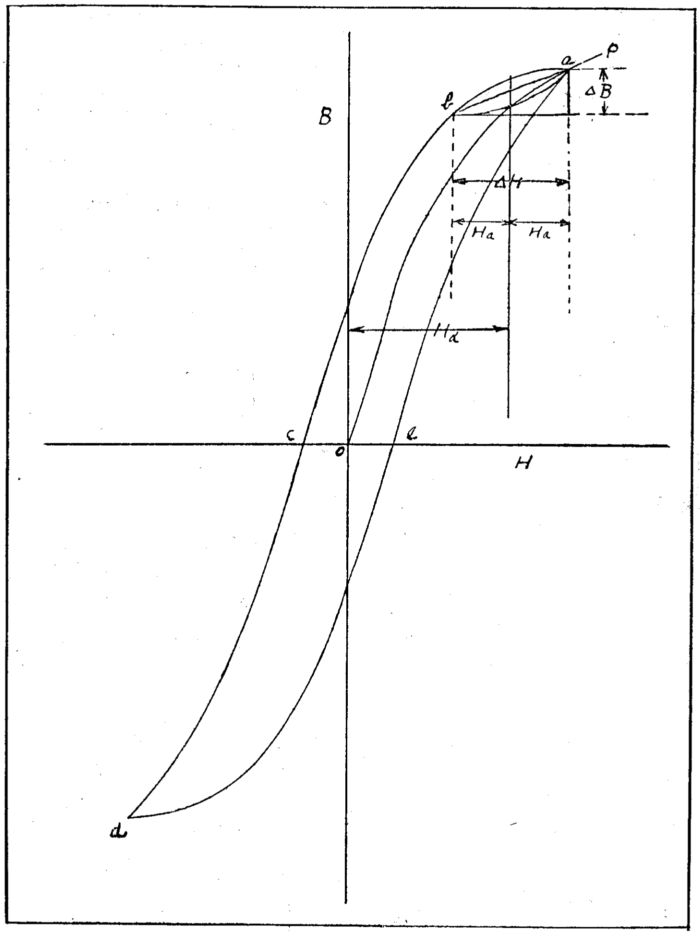
FUSIDENKI-JIHŌ

直流脈動回路に於て最大インダクタンスを與へる空隙値

田　村　勝　平
(Fusi Denki Seizo K. K. Kawasaki Works)

内　容　梗　概

一般に大なるインダクタンスの値を得るには鐵心を用ひるのが有利であるが、直流脈動回路に於ては既に直流に依つて或る強さの磁化を受けておる爲、鐵心が飽和されて脈動電壓に依るインダクタンスの値が減ずる。其故空隙を設けて鐵心の飽和を防ぎ所要のインダクタンスを得るのが經濟的である。本文に於ては其の空隙値を數式に依つて算出して見た。



第一圖　ヒステレシス ループ

〔I〕 實効導磁率 Incremental permeability に就て

鐵心に加へられる直流磁化力 H と磁氣誘導 B との關係は第一圖 Oap の如く、B−H曲線卽ち磁化飽和曲線となる。交流に對してはヒステレシスループを第一圖 a b c d e の如く畫く。

次に直流と交流の重疊した場合を考へる。直流磁化力を Hd とし、これに重り合つて働く交流磁化力を Ha $\sin\theta$ とすれば鐵心は

$$H = H_d + H_a \sin\theta \ldots (1)$$

の磁化力を受ける。卽ち第一圖の小ループ a b は交流磁化に基いて畫かれるヒステレシスループである。此の場合交流側の導磁率卽ち Incremental permeability μ_Δ は次の如くあらはせる。

$$\mu_{\triangle}=\frac{\triangle B}{\triangle H}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

この incremental permeability は交流磁化に依つて畫かれる小ヒステレシスループの上尖端と下尖端とを聯結する直線が横軸となす角の正切であつて、上端はB－H曲線の上方端と一致し、下方尖端は常に主ヒステレシスループの下降曲線部にある。其故交流磁化力が直流磁化力に比して極めて小さな場合に於ては $\mu_{\triangle}$ はB－H曲線上の正切によつて表はさるべきは容易に見得る所である。即ち

$$d\mu=\frac{dB}{dH}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

本文に於ては與へられたるB－H曲線をKoepsel氏(*)に從つて

$$\log B=\frac{H}{a+bH}\cdots\cdots(4)$$

上式に於てa及びbは與へられたる鐵板によつて定まる定數である。かくB－H曲線を數式化することによつて微分が可能となつた。

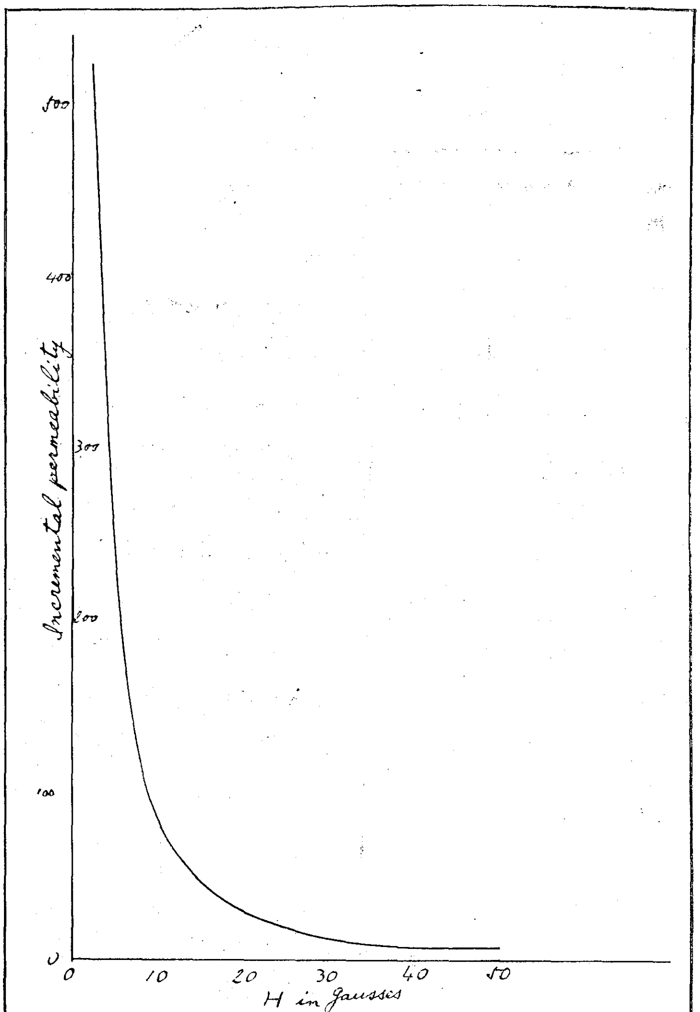
尙直流磁化力に對する交流側導磁率を見るに、第二圖の如く直流アンペア回數が相當に大なる時は鐵心飽和の爲めに非常に小となり、鐵心存在の有效度を減少するので、直流磁化力の大さに應じて適當な空隙を設け、鐵心飽和の程度を小にすることが必要となる。

〔II〕 空隙入り鐵心リアクターのインダクタンス

本文に於て使用する記號を下記の如く定む。

L＝ヘンリーで表はしたインダクタンス

N＝リアクターの總捲回數



第二圖　$\mu_{\triangle}$－H 曲線

* E. T. Z　Sept. 1928 s. 1361

ia ＝交流分アンペア

I ＝直流分アンペア

B ＝ガウスで表はした磁束密度

A ＝平方糎で表はした鐵心の斷面積

li ＝糎で表はした磁氣回路の長さ

la ＝糎で表はした空隙の長さ

μ ＝磁氣回路の導磁率

回路に流れる電流は

$$i = I + ia \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

にしてインダクタンスLによつて誘起せらるる起電力は

$$e = -L\frac{di}{dt} = -L\frac{d(I+ia)}{dt} = -L\frac{dia}{dt}\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

$$L\frac{dia}{dt} = N\frac{d(BA)}{dt}\times 10^{-8} = NA\frac{dB}{dia}\,\frac{dia}{dt}\times 10^{-8}$$

故に $L = NA\dfrac{dB}{dia}\times 10^{-8}$ ヘンリー…(7)

次に第三圖の如き磁氣回路を考ふるに、一定磁束を通すに要する起磁力は鐵心部分と空隙部分の起磁力を加へ合せたものであつて Ha を空隙部分の磁化力 (gauss) とし、Hi を鐵心部分の磁化力 (gauss) とする時は Ha la と Hi li の合成起磁力はN捲回數を流れる電流 I＋ia≒I 即ち直流電流によつて形成せらる。

$$0.4\pi N(I+ia) = Ha\,la + Hi\,li$$

第三圖の如き場合には Bは鐵心並びに空隙部分に共通と考へらるる故に

$$Ha = B \text{ にして } Hi = \frac{B}{\mu}$$

$$\therefore\ 0.4\pi N(I+ia) = B\,la + \frac{B}{\mu}li\cdots(8)$$

(8) を微分して

$$\frac{dB}{dia} = \frac{0.4\pi N}{la + li\dfrac{dH}{dB}}\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

(9) を (7) に代入して

$$L = N^2 A\frac{0,4\pi}{la + li\dfrac{dH}{dB}}\times 10^{-8}\text{ヘンリー}\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

今 (8) の起磁力の式に於て I+ia＝I とし空隙比 $\dfrac{la}{li}$ を ε を以て表せば

$$\frac{NI}{li} = \frac{B}{0.4\pi}\left(\frac{1}{\mu} + \varepsilon\right)\cdots\cdots\cdots(11)$$

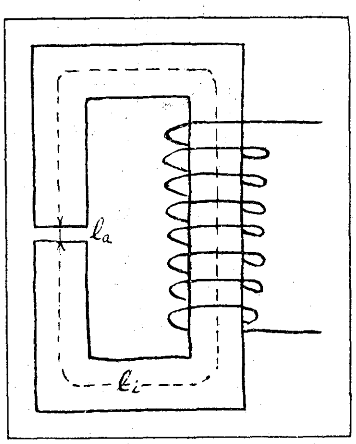
又鐵心の體積をVi を以て表はし(11)より N^2 を求めて(10)式に代入して式を整理する時は

$$\frac{LI^2}{Vi} = \frac{B^2\left(\dfrac{1}{\mu}+\varepsilon\right)^2}{0.4\pi\left(\dfrac{dH}{dB}+\varepsilon\right)}\times 10^{-8}\cdots(12)$$

亦 (12) 式を (11) 式で割つて

$$\frac{LI}{NA} = \frac{B\left\{\dfrac{1}{\mu}+\varepsilon\right\}}{\dfrac{dH}{dB}+\varepsilon}10^{-8}\cdots\cdots(13)$$

即ち (12) 式は若し電流の二乘で割られるならば鐵心の立方糎に對するインダクタンスを與へる。又 (11) は磁氣回路毎糎に對する直流アンペア回數を與へる。此よりリアクターの總回數 N, 鐵心の斷面積A, 鐵心の磁路 li, 直流電流



第三圖　磁氣回路

値Iが與へられたる場合、リアクターのインダクタンスを最大にする空隙比を求めて見よう。

〔III〕 最大インダクタンスを與へる空隙比

B－H曲線を表はす數式として Koepsel 氏に從つて

$$\log B=\frac{H}{a+bH}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$

a 及び b は與へられたる鐵板の性質によつて定まる定數にして、使用せんとする磁束密度の近傍の二點 $B_1 B_2$ 並びに相對應する磁化力H_1 H_2 より

$$a=\frac{H_1 H_2(\log B_2-\log B_1)}{\log B_1\log B_2(H_2-H_1)}\cdots(15)$$

$$b=\frac{H_2\log B_1-H_1\log B_2}{\log B_1\log B_2(H_2-H_1)}\cdots(16)$$

(14) より

$$H=\frac{a\log B}{1-b\log B}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

$$\mu=\frac{B}{H}=\frac{B(1-b\log B)}{a\log B}\cdots(18)$$

$$\frac{dB}{dH}=\frac{B(1-b\log B)^2}{a}\cdots\cdots\cdots(19)$$

(18)及び(19)を(11)並びに(12)に代入して

$$\frac{LI^2}{Vi}=\frac{B}{0.4\pi}\frac{\{a\log B+\varepsilon B(1-b\log B\}^2}{a+\varepsilon B(1-b\log B)^2}\times10^{-8}\cdots\cdots\cdots(20)$$

$$\frac{NI}{li}=\frac{a\log B+\varepsilon B(1-b\log B)}{0.4\pi(1-b\log B)}\cdot(21)$$

今Bを parameter として$\frac{LI^2}{Vi}$が$\frac{NI}{li}$に對して最大になる條件を求めて見ると、

$$\frac{\partial\left(\frac{LI^2}{Vi}\right)}{\partial\left(\frac{NI}{li}\right)}=\frac{\frac{\partial\left(\frac{LI^2}{Vi}\right)}{\delta B}}{\frac{\partial\left(\frac{NI}{li}\right)}{\delta B}}\cdots\cdots\cdots(22)$$

を滿足せねばならぬ。

$$\frac{\partial\left(\frac{LI^2}{Vi}\right)}{\partial B}=\frac{10^{-8}}{0.4\pi}\frac{a\log B+\varepsilon B(1-b\log B)}{\{a+\varepsilon B(1-b\log B)^2\}^2}$$

$$\times\left[2B^2(1-b\log B)^3\varepsilon^2+aB\{-2b+5(1-b\log B)\}\varepsilon+a^2(2+\log B)\right]\cdots(23)$$

$$\frac{\partial\left(\frac{NI}{li}\right)}{\partial B}=$$

$$\frac{ab\log B+(1-b\log B)\{a+\varepsilon B(1-b\log B)\}}{0.4\pi B(1-b\log B)^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(24)$$

(23)及び(24)より(22)滿足する條件としては結局

$$a\log B+\varepsilon B(1-b\log B)=0\cdots(25)$$

及び

$$2B^2(1-b\log B)^3\varepsilon^2+aB\{-2b+5(1-b\log B)\}\varepsilon+a^2(2+\log B)=0$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(26)$$

即ち(25)又は(26)を滿足するεの値を取ればよい。然るに(25)に於て(1−b log B)>0なる故(25)を滿足するεの値はなく、(26)を滿足するεの値としては

$$\varepsilon=\frac{a}{4B(1-b\log B)}\left[\left(\frac{2b}{1-b\log B}-5\right)\pm\sqrt{\left(\frac{2b}{1-b\log B}-5\right)^2-8(1-b\log B)(2+\log B)}\right]$$

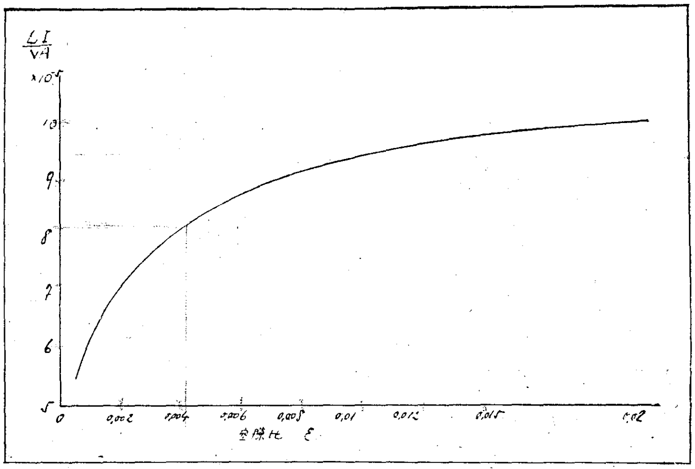
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(27)$$

上式のεの値として負符號を取る時はBが大なるに從ひてεが減少し遂には虚數となるを以て正符號のみを取るものとする。

$$(13)\cdots\frac{LI}{NA}=\frac{B\left\{\frac{1}{\mu}+\varepsilon\right\}}{\frac{dH}{dB}+\varepsilon}10^{-8}$$

に於てB=10,000 11,000 12,000等を代入しεの値としては(27)式よりBを代入して得らるる數値を置換しμ及び$\frac{dH}{dB}$は(18)(19)より夫々の

磁束密度Bに對應する値を代入して $\frac{LI}{NA}$ の値を得べく、かくして空隙比に對して $\frac{LI}{AN}$ の値を曲線第五圖の如きものを得らる。即ち此線よりリアクターの總回數N,直流値I,鐵心斷面積Aが與へらるる時所要のインダクタンスLを最も有利に與へる空隙比が容易に見出せるのである。

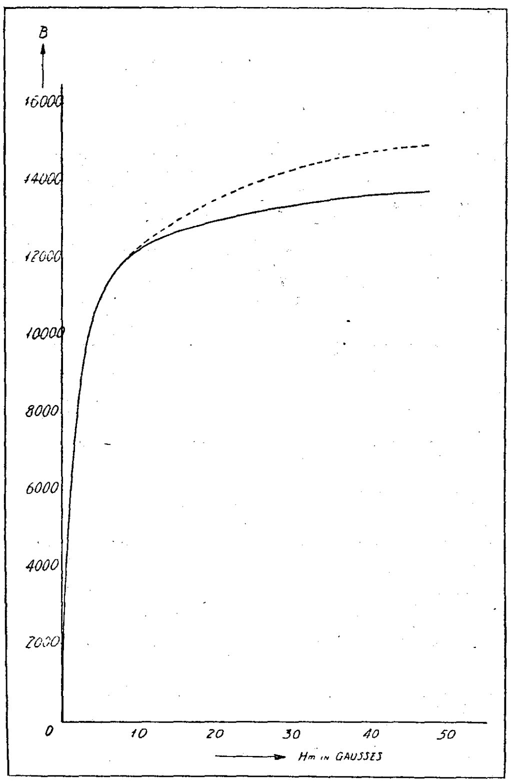


第五圖　最大誘導を與へる空隙

〔IV〕 例　解

第四圖の如きB－H曲線をKoepselの $\log_e B=\frac{H}{a+bH}$ に適應して見る。$B_1=10{,}500$ は $H_1=4$ gauss の所で生じ $B_2=12{,}000$ は $H_2=8$ gaussの所で生ずるとする。(15) 及び (16) に代入して $a=0{,}012$ $b=0{,}105$ を得る。故に

$$\log_e B=\frac{H}{0{,}012+0{,}105H}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$



第四圖　B—H曲線

第四圖に於て實線は $\log_e B=\frac{H}{0{,}012+0{,}105}$ を表し點線は實際のB－H曲線を示しておる。

今 B=11000を (27)式に代入し

$\varepsilon=0{,}00412$

を得る。次に $a=0{,}012$ $b=0{,}105$ を使用して

$$(18)\ldots\ldots\mu=\frac{B}{a}\;\frac{1-b\log B}{\log B}=2270$$

$$(19)\ldots\ldots\frac{dB}{dH}=\frac{B(1-b\;\log B)^2}{a}=487$$

$B=11000$ $\varepsilon=0{,}00412$ $\mu=2270$

$$\frac{dB}{dH}=487$$

を (13) 式に代入して

$$(13)\ldots\ldots\frac{LI}{NA}=\frac{B\left\{\frac{1}{\mu}+\varepsilon\right\}}{\frac{dH}{dB}\times\varepsilon}10^{-8}$$

$$=8.13\times10^{-5}$$

を得る。順次Bの値を代入して第五圖の曲線を得る。(終)