HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電刷子の新整流理論と其の二，三の應用
Author(s)	林，邦雄
Citation	北海道大學工學部彙報，1，71-82
Issue Date	1948-12-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40448
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_71-82.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

電刷子の新整流理論と其の二, 三の應用*

教授 林 邦 雄

A new commutation theory of electrical brushes and its some applications

Prof. Kunio Hayashi

Abstract

Among the many theories of commutation of electrical brushes the Abe's theory is the most excellent. His theory is constructed putting the equation of voltage drop $v = kg^{\frac{1}{n}}$ into considerations, where v is the brush voltage drop, g is the current density and k and n are material constants of the brush. And if the commutating emf. e lies between the following limits there will not appear any sparkings on the brush.

$$-e_Z + kG^{\frac{1}{n}} \leq e \leq +e_Z + kG^{\frac{1}{n}}$$

where

$$e_Z = \left(n-1\right)\left(\frac{k}{n}\right)^{\frac{n}{n-1}}\left(\frac{T}{LA}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

T is the commutation period,

A is the contact area of the brush

and L is the coefficient of induction of the winding element.

According to the Abe's theory in the limitting case of $L \to 0$, we obtain that e_Z is $+\infty$, and there will appear no sparking for all values of e except $+\infty$.

The new theory of the author is as follows:— At the end of commutation period, we have the following expression,

$$v_{1T} = v_{2T} - e_T + Lg_{1T}y_T V$$

where v_{1T} is the voltage between the brush and the commutator segment, v_{2T} is the voltage drop of the total brush current at the total brush surface, e_T is the commutating e.m.f., L is the inductance of the winding element.

We can solve this expression graphically and obtain v_{1T} and g_{1T} (Fig. 6). The curve OAC is $v_{1T}(g_{1T})$, $OA' = v_{2T} - e_T$, and

$$AA' = v_{2T} - e_T + Lg_{1T}y_T V.$$

Therefore we have the solution as the coordinate of the intersection A.

* 本研究は文部省科學研究費により行つた.

If $v_{1T}(=AB)$ is greater than v_S (minimum sparking voltage), then there will appear sparkings at the trailing edge of the brush.

By this theory, we must have smaller v_{2T} or y_T in order to have a better commutation.

In the first place, it is better to have a compound bruse which consists of a electrographitic brush and a metallic graphitic brush, the former of which is placed as the trailing side. This compound brush has the commutating ability as several times as the electrographitic brush.

In the second place, a brush of the triangular contact surface, of which the trailing triangular surface is cut off, has also a rather better commutating ability than the ordinary brush.

Appendix

1. Introduction 72
2. The new commutation theory 73
3. On the shape of the contact surface 76
4. The application of the theory 78
5. The necessary conditions for the commutating brush 81
6. Conclusion 81
Reference books. 82

1. 緒 論

電刷子の整流理論は從來數多く發表されて居るが，其の內で安部氏[1]の理論が最も卓越して居る．同氏の理論は從來のものとは異り，電刷子の電壓降下が電流密度に依つて影響を受ける事を考慮し Baily, Cleghorne 兩氏の實驗式 $v=kg^{\frac{1}{n}}$（g は電流密度 k, n は刷子に依つて決まる定數）を用ひて整流方程式を作つた．而して短絡電流が整流周期の終りに零に收斂する爲の條件として次式を求めた，

$$-e_Z+kG^{\frac{1}{n}}\leqq e\leqq+e_Z+kG^{\frac{1}{n}} \quad \cdots\cdots (1)$$

e は整流起電力，G は全刷子面の平均電流密度，e_Z は次式で與へられる限界電壓である，

$$e_Z=\left(n-1\right)\left(\frac{k}{n}\right)^{\frac{n}{n-1}}\left(\frac{T}{LA}\right)^{\frac{1}{n-1}} \quad \cdots\cdots (2)$$

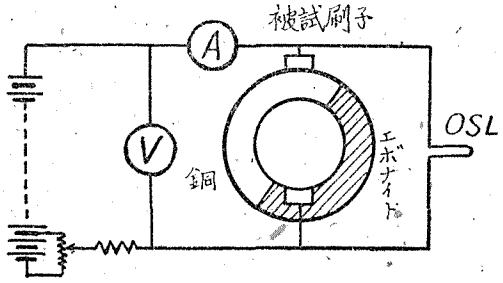
T は整流周期，A は刷子の接觸面積である．此の式に依れば整流起電力には或限界値があつて，其れを超えれば見掛上リアクタンス電壓を打消し得ても火花を防止する事は出來ぬのである．又 $L\rightarrow 0$ とすれば如何程大きな e を與へても刷子に火花を生じない事が導かれる．此の點に關して自分の實驗した所に依れば $L\rightarrow 0$ としても依然火花は生じた．斯る點より觀れば安部氏の理論もいささか不備であるので茲に火花開始電壓 v_S を導入した理論を樹てた．

又從來刷子が振動して其の接觸面積が變動する場合の整流現象について，定量的にはあまり論

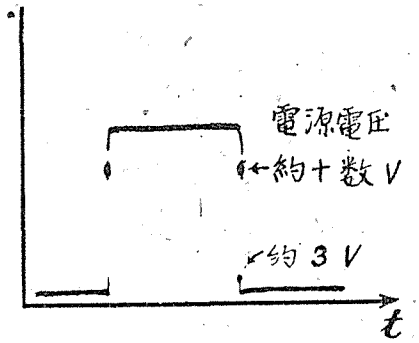
ぜられて居なかつたので，此の點に就ても多少述べてある．更に直線整流といふ事と刷子の電流密度の一樣と言ふ事を普通は一致するものとして扱つて居るが，矩形斷面でなければ此の兩者は一致しない事を明かにした．又刷子の幅と整流電力の大さとの間の關係に就ても論じた．

2. 新整流理論

實驗に依れば整流子片と刷子との間の電壓が或一定値以上となれば刷子に火花を發生する．是に就て Hellmund[2] 氏も實驗して，此の電壓降下が 3.2 V を超えると火花を生ずるとの結果を得て居る．又 Arnold[3] は其の著に Jordan の結果として，炭素→金屬では 3.0 V，金屬→炭素では 3.5 V 以上になると火花を生ずる事を述べて居る．自分も此の點を確めるべく當時學生であつた比良清一君（現在日立製作所社員）と實驗した．結線は第一圖の通りで，電源は 60 A.H. の蓄電池で電壓は最高 24 V 迄出し得る樣にした．結線には L を極度に小さくする樣特に注意し，ループの面積を可及的に零ならしむる樣努力した．抵抗はニクローム線とし，螺旋とせず全部直線狀にして使用した．半圓狀の銅とエボナイトとを組合せて直徑 45 mm，厚 6 mm の特殊の整流子を作り，是をモータで 1500 r.p.m. 回轉した．種々の開路電壓と閉路電流に於て刷子に火花を生ずる條件並に火花電壓を測定したのである．火花電壓は正刷子（刷子→）に於ては約 13 V，負刷子（刷子←）に於ては 14～21 V 程度を示し，尙此の外に時々約 3 V 程度の値をも示した．此の時の電流値は 1.5～4 A 位であり，電壓の測定にはブラウン管を用ひた．

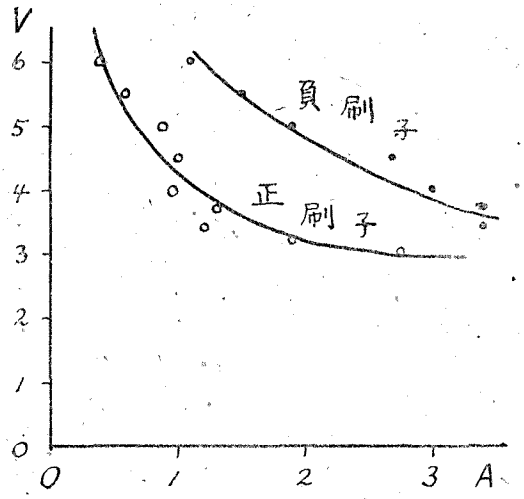


第一圖　火花電壓測定回路



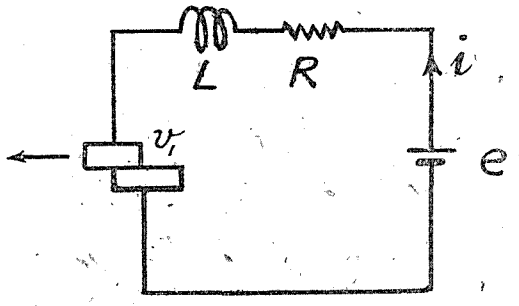
第二圖　刷子の火花電壓（裝置は第一圖）

電源電壓を 3～6 V 位にして火花を發生せしめると，暗黑中でやつと認め得る位の弱い火花を生ずる．此の場合回路の開路電壓と閉ぢた時に流れる短絡電流とを以つて此の火花の發生する範圍



第三圖　◎ EG-5 の微小火花發生特性

を求めたのが第三圖である．圖で見る如く，正刷子の方が負刷子より火花を生じ易く，電流値の大きい所では此の電壓は約3V附近に落付く，是を各種刷子に就て求めたのが第一表である．表を見ると正刷子の方が負刷子の値よりも小さく，且つ無定形炭素の値は他に比して斷然高い値を示して居る．



第四圖　第一圖の等價回路 ($L \to 0$)

第一表　各種刷子材質の最小火花電壓 (V)

刷子種類	最小火花電壓 (V)	
	正刷子	負刷子
◎ G 3	2.9 ~ 3.4	2.9 ~ 3.4
φ 931	2.8 ~ 3.3	3.2 ~ 3.4
◎ EG-5	2.8 ~ 3.5	3.2 ~ 3.7
◎ EG-GS	2.8 ~ 3.5	2.8 ~ 3.6
◎ EG-1	3.5 ~ 3.9	3.7 ~ 4.0
◎ EG-3	3.0 ~ 3.8	3.0 ~ 3.8
φ 2703	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.5
◎ C-4	5.0 ~ 7.8	5.9 ~ 7.9
電極用炭素棒	5.5 ~ 11.6	7.5 ~ 11.6

偖て此の實驗に就て安部氏の考へに從つて計算を行ふ，接觸面積を A とし接觸面に於ける電壓降下は $v = kg^{\frac{1}{n}}$ に從ふものとする．第一圖を第四圖の如く考へると次式が成立つ．

$$L\frac{di}{dt} + Ri + v_1 = e \quad \cdots\cdots\cdots\

しあるものとする．短絡線輪に生ずる整流起電力を e とし，線輪及び導線の抵抗を無視すると第五圖を參照して次式が得られる．

$$L\frac{di_1}{dt}+v_1-v_2+e=0 \quad \cdots\cdots (6)$$

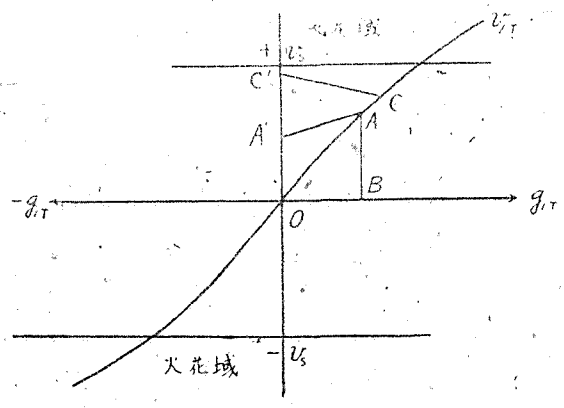
是に電流密度 g を導入して變形すると

$$v_1=v_2-e-L\left[A_1\frac{dg_1}{dt}+g_1\frac{dA_1}{dt}\right] \quad \cdots\cdots (7)$$

上式は刷子の出口と整流子片 1 との間に生ずる電壓である．$\lim t\to T$ なる瞬間（指標 T を附す）刷子出口の電壓 v_{1T} は上式より

$$v_{1T}=v_{2T}-e_T+Lg_{1T}y_TV \quad \cdots\cdots (8)$$

y_T は刷子出口の幅，V を整流子周邊速度を示す．此の式は v_{1T} と g_{1T} の間の關係が判れば解く事が出來る筈であるが一般には圖式解法より方法はない．第六圖に於て OAC 曲線を $v_{1T}(g_{1T})$ とする，但し是は普通の電壓降下の曲線ではなくして電流密度を急增した時の所謂過渡特性[2] とする．(8) 式の右邊は縱軸と $v_{2T}-e_T$ なる點で交る直線であつて，是等兩者の交點の座標の OB が g_T を，又 BA が v_{1T} を與へる．若しも $AB>v_S$（火花開始電壓）ならば刷子出口には火花を生ずると考へるのである．v_S なる電壓は前記せる樣に甚だしく複雜ではあるが約 3.2 V として置く．勿論普通の意味の火花電壓ではなく，是は刷子と整流子との間の接觸をなす金屬的小橋を赤熱する電壓であつて，此の小橋が燒け切れると其の瞬間電弧となるものと解するのである．　安部氏の理論との相違は v_S なる火花開始電壓を用ひた點と，v_{1T} なる特性曲線に過渡特性曲線を用ひた點とである．



第六圖　整流特性を求める作圖

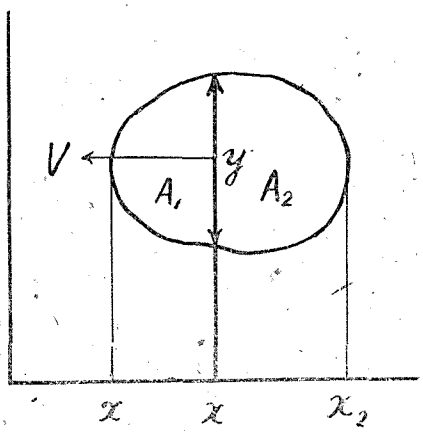
整流周期の始めに於ける刷子入口の電壓は (7) 式から導かれて次の樣になる，

$$v_{20}=v_{10}+e_0-Lg_{20}y_0V \quad \cdots\cdots (9)$$

上式の v_{10} は $v_{10}=v_{2T}$ なる關係がある．右邊は傾斜が負なる直線で第六圖の $C'C$ である．前と同樣に上式の解は圖式に求められる．L が大きくなつても刷子入口では火花を生じ難い事が圖から了解される．

3. 接觸面の形に就て

電刷子の接觸面は見かけのそれとは甚しく異なり，此の點に就て Neukirchen[6] は判然と述べて居る．乍併整流理論には殆んど取入れられて居ない．玆では夫れに觸れて見度い．全面接觸の出來ない原因は，整流子が眞圓でないか又は偏心して居る事と，刷子が振動する事等に歸せられる．良好な接觸をするには此の原因を除かねばならぬ．其の意味で刷子としては摩擦係數及び彈性率が小さく，固體粘性が大きい事は必要條件である．偖て(7)式を參照して di/dt 及び g_1 を一定とするには，dA_1/dt が一定である事が必要條件である．此の條件は刷子の接觸面が短形である事を示すものである．何故ならば第七圖に於て



第七圖 刷子の接觸面

$$A_1 = \int_{x_1}^{x} y\,dx \qquad A_2 = \int_{x}^{x_2} y\,dx$$

$$\frac{dA_1}{dt} = -yV \qquad \frac{dA_2}{dt} = yV \qquad \cdots\cdots (10)$$

但し V は整流子速度とする．V 及び dA_1/dt が一定であれば y が一定となり刷子面が短形である事になる．接觸面が短形でなければ di/dt ＝一定 と g ＝一定 とは一致しない．普通は短形接觸面は實現せぬから此の兩者は一致せぬ．

偖て e に依りリアクタンス電壓を完全に打消し得たとすれば(6)に依り $v_1 = v_2$ となる．若しも $v = f(g)$ であり，且つ v を g の一價函數とすれば

$$g_1 = g_2 = \frac{i_1}{A_1} = \frac{i_2}{A_2} = \frac{I}{A} = g_0 \qquad \cdots\cdots (11)$$

なる結果を得る．是は接觸面の形の如何に不拘 g が一定なる事を示してゐる．此の場合には

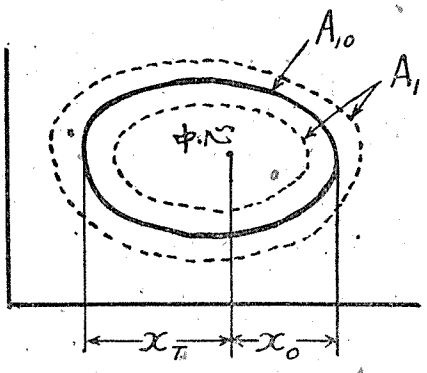
$$-e = L\frac{di}{dt} = Lg_0\frac{dA_1}{dt} = -Lg_0\,y\,V \qquad \cdots\cdots (12)$$

リアクタンス電壓を打消す爲には此の式に依れば e と y とを比例させる，即ち整流起電力の各位置に於ける强さと刷子の幅 y とは比例させねばならぬ事が解る．若しも短形斷面の刷子で全面接觸をして居るならば e は一定でよいが，若しも全面接觸が行はれて居ない場合の e は一定とする譯には行かぬ．併し e を y に比例させる事は困難な事であるから逆に y を e に一致させる樣にせねばならぬ，其の爲には彈性率の小さい刷子が有效であると思はれる．

偖て實驗の機械に於ては刷子は振動の爲に接觸面積は絶えず變動して居る．今 A_1 が A_{10} なる一定面積を中心として是に相似的關係を保ちつつ變化して $x\ y$ 各軸方向に $k(t)$ なる時間的變化をなすものとすれば

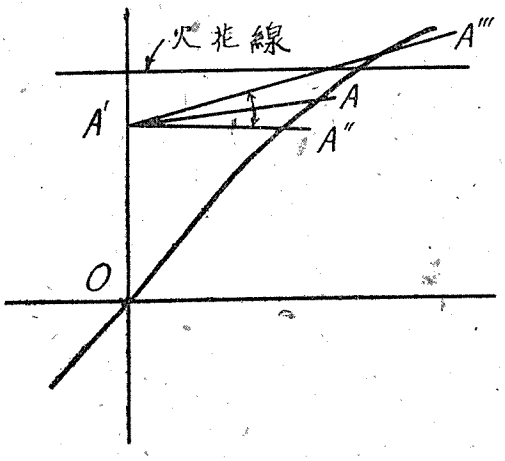
$$A_1 = A_{10}\,k^2(t)$$

$$\therefore \quad \lim_{t\to T}\frac{dA_1}{dt} = -k(t)\,y_T\left(V + x_T\frac{dk}{dt}\right) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (13)$$



第八圖　振動に依る面積の變動

但し x_T は相似の中心點から A_{10} 曲線の出口迄の距離とする．若し $k(t) = 1 + \varepsilon \sin \omega t$ とし $\omega = 2\pi \times 5000$ $\varepsilon = 0.5$ cm　$x_T = 0.2$ cm　$V = 20\ m/s$ とすれば $V + x_T\left(\frac{dk}{dt}\right)_{\max} = 51.4\ m/s$ となる．是は V に比して約 2.5 倍に相當する．斯の様に刷子が振動すれば周邊速度が廣範圍に亘つて變化し，又は L が非常に大きい値と小さい値との間を變化するのと全く同樣の効果を與へる．隨つて第六圖の $A'A$ なる直線の代りに第九圖の如く $A''A'A'''$ なる角に開いて來る．斯くして刷子が振動すれば火花を生じ易くなる．



第九圖　振動による整流の劣化

從來電氣機械の設計に於て電刷子の厚みを其の儘有効な厚みとして居るが，實際には全面接觸が行はれないからリアクタンス電壓の打消しが滿足に行かず，火花を生じ易い結果となる．彈性率の小さい刷子程接觸が行はれ易い．電車用モータの刷子の如きは厚みの半分は全く役に立つて居らぬ，斯る可逆運轉の電刷子が半分しか役立たぬのを救ふ一方法は，半分の厚みのものを 2 枚重ねて一の保持器に入れて用ひれば整流周期が長くなつて整流が良好であると思はれる，但し强度は多少減ずるであらう．

第二表　刷子寸法を m 倍とした場合の g_{1T} に及ぼす影響　$(m > 1)$

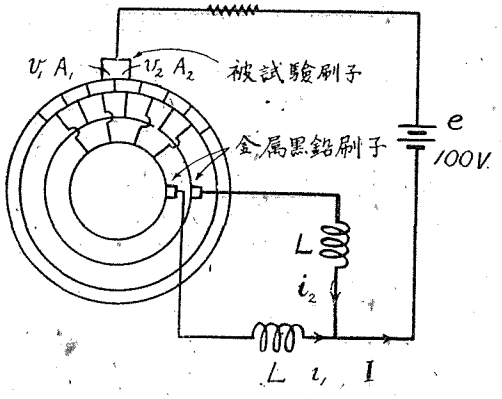
寸法變化	幅	m	——	——	m	m	$1/m$	$1/m$	m
	厚	——	m	m	$1/m$	$1/m$	m	m	m
	e_T	——	——	$1/m$	——	m	——	$1/m$	——
g_{1T}	$\frac{\partial U_{1T}}{\partial g_{1T}} < L_{yT}V$	±	−	−	+	+	−	−	±
	$\frac{\partial U_{1T}}{\partial g_{1T}} < L_{yT}V$	−	±	−	−	u + / f —— / o −	+	u − / f —— / o +	−

＋は增，－は減，±は不定，——は其儘なるを示し，u は不足整流，o は過整流，f は平滑整流を示す．

最後に新整流理論に依り刷子の寸法を m 倍せる場合の g_{1T} に及ぼす影響を考へて見度い．是を一括したのが第二表である．＋は g_{1T} の増加を，－は減少するを示し，±は不定なるを，——は其儘なる事を示す．

4. 理論の應用

第二節で述べた（8）式に於て v_{1T} が v_S よりも小さければ無火花整流である，夫故火花を防ぐためには v_{1T} を小さくせねばならぬ．v_{2T} を小さくする事は其の必要條件である，又 y_T を小さくする事も必要條件である．此の觀點から次の實驗を行つた．其の第一は，v_{2T} を小さくする爲に金屬黑鉛刷子と電氣黑鉛刷子とを貼合せて後者を trailing 側に用ひたものである．斯くすれば金屬黑鉛刷子が大部分の電流を受持ち，電氣黑鉛刷子は殘りの極僅かな電流した受持たぬので良好な整流となるのである．其の第二は，接觸面の矩形であるものを對角線を境として trailing 側を切捨てる方法である．斯くすると $y_T \fallingdotseq 0$ となるから良い整流となる筈である．物理學的には刷子出口に進むにつれて接觸抵抗が大きくなるので，短絡電流が制限されて火花が抑制される事になる．此の實驗裝置としては有合せの直流機の整流子を利用したもので第十圖の結線とした．整流子片の數は 52 個で其の幅は略々 8 mm である．電源は 100 V の蓄電池で切換スキツチに依り被試刷子に加へる極性が容易に切換へ得る様にした．L は可變インダクタンスで直徑 10.6 cm，長さ 29.5 cm で總捲回數は 96 回である．整流子を回轉し乍ら刷子に通電し L を漸增すると，L が或値を超すと火花を發するに至る．此の L の大小に依つて刷子の整流性能を比較するのである．整流子の回轉數は 600 又は 900 回轉毎分であつた．第十圖に於ては次の式が成立する．



第十圖 刷子整流性能試驗機
（宗宮—林式）

$$\begin{cases} L\dfrac{di_1}{dt} + v_1 - L\dfrac{di_2}{dt} - v_2 = 0 \\ i_1 + i_2 \cong I \end{cases}$$

是より

$$2L\frac{di_1}{dt} + v_1 - v_2 = 0$$

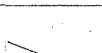
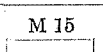
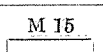
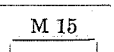
$$\therefore \quad v_{1T} = v_{2T} + 2Lg_{1T}y_T V$$

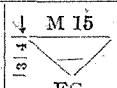
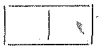
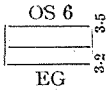
此の式は（8）式の $e_T = 0$ となし L の代りに $2L$ を置いたものであつて，此の裝置の整流現象

は無整流極機の其れと全く同一であるのが分る．

最初は矩形斷面の普通の電氣黑鉛刷子を用ひて無火花の爲の L の最大の捲數を求めて比較の基準とした．第三表の No. 1 が其れである．刷子電流は 3, 6, 10 A の 3 種で行ひ，各電流値に對して L の捲數は 3 回讀みを取つた．例へば No. 1 刷子に於て 600 回轉 3 A の時，L の捲數は ＋ 極性にて第 1 回が 5 卷，第 2 回目が 6 卷，第 3 回目が 5 卷であり，－極にては第 1 回が 6 卷，第 2 回が 7 卷，第 3 回が 10 卷であつた．此の樣にして第三表には L の捲數を 3 回の測定値に就て記してある．

第三表　無火花整流の可能な L の最大捲數

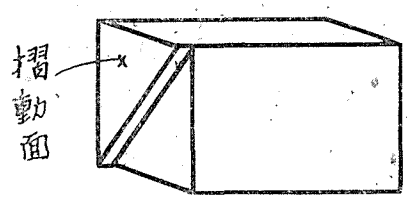
番號			1	2	3	4	5	6	7
面の形	入口側								
	出口側		EG	EG	EG	EG	EG	EG	
600 R.P.M.	3A	＋	5 6 5	19 20 20	16 14 15	7 7 7	38 38 35	32 30 33	0 0
		－	6 7 10	24 25 24	16 16 16	8 9 9	39 29 28	21 21 23	0 0
	6A	＋	0 3 3	11 11 10	9 8 7	3 3	23 22 23	16 15 14	0
		－	5 5 6	16 15 15	8 8 8	4 4	19 19 18	14 17 16	0
	10A	＋	0 0 0	8 6 6	4 4	0 0 0	17 17 16	9 6 6	
		－	0 0 0	6 7 7	4 4	0 1 1	13 13 13	10 9 9	0
900 R.P.M.	3A	＋	6 6 7	14 15 14	13 13	8 8 7	30 30 30	7 7 8	0
		－	9 10 10	17 17 16	15 15	8 8 8	22 23 24	12 13 12	
	6A	＋	3 1 0	6 8 5	6 6 6	4 3 3	20 20 17	5 5 5	
		－	4 6 6	12 12 11	8 7 7	4 5 5	14 13 13	9 8 8	
	10A	＋	0 0	5 5 5	3 3	0 0 0	14 14 13	7 5 4	
		－	0 0	6 8 7	4 4	0 0 0	9 9 9	7 6 6	

番號			8	9	10	11	12	13
面の形	入口側							
	出口側		EG	EG	EG	EG		EG
600 R.P.M.	3A	＋	4 3 3	37 36 34	36 30 34	26 27 26	2 0 0	7 8 8
		－	5 4 4	23 21 22	12 13 14	16 16 17	0 0	9 11 9
	6A	＋	0 0	23 23 23	20 20 23	10 12 13	0	4 4 4
		－	0 0	15 15 15	7 9 9	8 9 9	0	4 5 5
	10A	＋	0	14 14 15	13 13 13	8 8 8	0	2 2 2
		－	0	10 10 10	6 6 6	6 6 6	0	3 3 3
900 R.P.M.	3A	＋	2 3 2	23 22 24	28 27 28	16 17 17	0 0	6 6 6
		－	4 4 4	13 13 16	13 13 14	12 13 13	0 0	7 8 7
	6A	＋	0 0	18 19 16	18 17 18	9 10 12	0	2 2 3
		－	0 0	9 11 11	8 8 8	8 8 8	0	3 3 4
	10A	＋	0	10 11 10	10 11 10	6 6 7	0	1 0 0
		－	0	7 8 7	5 5 5	5 5 5	0	1 2 2

實驗者は畠山一馬君である．摺合せは約 5 A で，5 乃至 16 時間行ひ，摺動面が全面光澤を帶びる迄行つた．

實驗 I. y_T を小さくする事

矩形接觸面の對角線を境として刷子の出口側となつた半分を切捨てた刷子に就て行つた實驗がNo. 2 である. 600 r.p.m., 3 A で + 極性では 19 卷, 20 卷となり, − 極性では 14 卷, 15 卷, 14 卷となつた. 他の電流値及び回轉數に於ても, 共に No. 1 に比べて遙かに良好な整流であつた. 玆で特に注目すべきは, 刷子の接觸面積が半分となつて電流密度が 2 倍となつて居るにも不拘, 良好な整流が得られた點である. No. 4 は參考の爲に刷子の入口側の半分を切捨てたものであるが, No. 2 に比べると性能は遙かに劣つて居る. No. 1 に比べて大差がない程度である. 刷子出口側を半分捨てる方法は第十一圖の如く, 保持器内の部分は其の儘とし, 接觸面の所を約 1 mm 厚だけ切捨てたのである.



第十一圖 刷子の接觸面の半分を切捨てる方法

實驗 II. 貼合せ刷子

金屬黑鉛刷子は大電流を導くのに好適ではあるが其の整流性能は芳しくない. 第三表の第 7 番は OSM 15 なる黑鉛電刷子についての結果であつて, L の捲回數を零としても尙且火花は防止出來なかつた. 然るに是に某國產電氣黑鉛刷子 (假に EG とする) を貼合せたものは第三表 5 番目であつて, 600 回轉, 3 A, + 極性の場合, 其の L の最大の捲回數は 38 卷, 38 卷, 35 卷と言ふ結果となり, 是を第 1 番目のデータに比較すると其の無火花整流の性能は格段の飛躍をして居る. 金屬黑鉛刷子と EG との厚さの割合は如何なる時に最良の性能を與へるかは明かでないが, 第四表記載ののデータから金屬黑鉛刷子の方が EG より稍厚い時に良い傾向を示す樣である. 貼合せ方法は第 5 番は刷子表面に銅メツキをしてからハンダ附けとなし, 其の他の場合は針金で縛つた.

第四表 貼合せ刷子の厚さ

刷子の番號		5	6	9	10
厚さ (mm)	M15	4.8	4.0	6.0	2.5
	EG	3.2	4.0	2.0	5.0

刷子に壓力をかける場合, 振動防止用としてゴムの小片を刷子の上端に置いて上から壓をかけた. 是等 4 種の結果は, 600 回轉, 3 A, + 極性の場合孰れも L が 30 卷以上となつて居る. 第 5 番に於ては L が 6 卷きの時, ± 22 A 迄通電したけれ共無火花であつた. 是を No. 1 と比べると數倍の整流能力がある. 第 6 番に於て 600 回轉及び 900 回轉, 20 A の時に得た無火花の時の L の最大捲數は第五表の通りである. 第 8 番は第 5 番の角を切落したものであるが豫想外に成績不良であつた. 其の理由は EG の面積が狹いので振動抑制作用が充分に行はれずして瞬間的には EG の部が整流子面から離れたのではあるまいかと思ふ. 第 11 番は對角線を境として入口側に

第五表 刷子電流 20 A なる時の L の卷數

600 r.p.m.			900 r.p.m.		
	+	−		+	−
No. 1	0	4	No. 1	2	2
No. 2	2	4	No. 2	0	2
No. 3	3	4	No. 3	0	1

M 15 を，出口側に EG を用ひたものである．第5番に比べて劣つて居る．此の摺動面を見ると貼合せの線に沿ひ金屬黑鉛刷子の方に火花の痕らしき變色した部分が見られた．第 12 番は豫期の如く整流性能は何等改善されなかつた．第3番は第1番の刷子の中央部に幅 7.6 mm の溝を設けたものであつて，比較的整流の性能が改善されて居る．

5. 整流用刷子としての要件

前記整流理論より整流用刷子としては如何なる性質を具備すべきかが結論される．

I. 刷子に振動の少ない事

刷子に振動を生ずると高速度になつたか，又は L が大きくなつたのと同樣の効果となり火花を生じ易い．振動を少くするには摩擦係數が小さく固體粘性の大きい事が必要である．

II. v-g 曲線が適當な形である事

刷子と整流子片との間の v-g 曲線の形としては，無整流極機に於ては曲線の傾斜が大きく且直線に近い事が必要である．斯くすれば刷子が振動しても v_{1T} が火花電壓に達しないで無火花整流が得られる．整流極の有る機械に於ては比較的平滑な特性が良い樣であるが事情は簡單でない．

III. 彈性率の小さい事

彈性率が小さい刷子は變形し易いから，接觸が良好となつて整流が良好となる．

6. 結　　論

電刷子の火花防止の見地から整流理論を樹てた．此の理論には刷子の電壓降下を電流密度の函數として表した所謂過渡電壓降下曲線を用ひた．而して此の電壓降下が火花開始電壓を超えた瞬間火花を生ずるとの理論を樹てたのである．而して此の理論の基礎としては Hellmund[2] の實驗や，Jordan[3] の結果並に著者等の實驗がある．此の理論より整流用刷子の具備すべき條件を導けば，

1) 振動の少ない，且彈性率の小さい刷子がよい．

2) 電壓—電流密度曲線の形としては，無整流極機に於ては傾斜が大きく且直線に近いのが良い．此の理論の一應用としては，金屬黑鉛刷子と普通の電氣黑鉛刷子とを貼合せ，後者を刷子の出口側に用ひれば甚だしく整流性能の良好なものが得られた．又普通の刷子の矩形接觸面の半分を，對角線を境として出口側を切捨たものもかなり性能が改善された．

終りに第三表記載の實驗を熱心に遂行された畠山一馬君（當時學生，現在三井炭礦社員）に深甚なる謝意を表はす．

文 獻

1) 安部：電學誌，昭15，2月及11月.
2) Hellmund：E. E., 1935, March.
3) Arnold：Die Gleichstrommaschine Bd. I, S. 306.
4) 林：電學誌，昭22，第9冊.
5) Holm：Wiss. Verö. a. d. S-K. 1933.
6) Neukirchen：Kohlenbürsten.