室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

整流子及びプラシの電流容量に關する若干の考察

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 室蘭工業大學
	公開日: 2014-05-20
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 山名, 順圭
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3013

整流子及びブラシの電流容量に關する若干の考察

山名順圭

Some Considerations about the Current Carrying Capacity of the Commutator and Brush

Junkei Yamana

Abstract

The ratio of the contact area of the commutator to the rated current of the electric machine was reduced by F. Unger in 1937 as follows:

on the electrographite carbon brushes: $\frac{A_K}{I} = \frac{2.1+0.03 \cdot v}{0.084 \cdot v^{0.786}}$

on the metallic graphite brushes: $\frac{A_K}{I} = \frac{0.6+0.007 \cdot v}{0.084 \cdot v^{0.786}}$

where A_K: contact area of the commutator.
I : rated current of the machine.
v : peripheral speed of the commutator.

But many assumptions were made in Unger's paper on some constants of the brush and the machine.

The author began his consideration with Unger's paper and made the next formula which was concerned with A_0, I, and a_b.

$$n.\ K_1 \cdot a_b + K_2 \cdot I = K \cdot A_0 \quad \cdots\cdots (1)$$

where a_b : contact area of the brush.
I : rated current of the machine.
A_0 : heat dissipation area of the commutator.
K_2 : voltage drop at the brush.
n : number of brushes.

Constants K and K_1 may easily be obtained by the calculating charts in this paper. From the equation (1), the current density of the brush can be shown by,

$$\Delta_b = \frac{2K_1 \cdot I}{K \cdot A_0 - K_2 \cdot I} \quad \cdots\cdots (2)$$

The adequateness of the relation between the current carrying capacity of the brush and the surface area of the commutator can be judged by the equation (2).

I 緒　言

ブラシの電流容量の決定法は，理論的にも實驗的にも未だ定說がなく，ブラシの溫度上昇等から，支障の無い或る値を採用しているに過ぎないようである。ブラシの研究は，學術振興會

第 117 小委員會が中心となつて，他の電機用炭素材料と共に，製造法，性能試驗，現場實驗等に關し，非常に詳細な研究結果[1] を發表している。

筆者は，F. Unger[2] の發表した「整流子の電流容量」と言う論文を出發點として，電機，主として直流機の整流子及びブラシの電流容量に關して，若干の考察を行なつた。

勿論，この論文は，ブラシの電流容量の決定法について述べたものではないが，直流機設計上の一つの指針となり，且つ，ブラシの電流容量決定に關する考察上，何等かの役に立てば非常に幸である。

II F. Unger の論文について

ブラシの全損失 W は，ブラシの摩擦損 w_1 と，接觸電壓降下損失 w_2 との和である。即ち

$$W = w_1 + w_2 = 9.81\,\mu \cdot p \cdot v \cdot a + e \cdot I \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに μ: ブラシの摩擦係數（速度及びブラシの種類に依つて變化する）

p: ブラシ抑え壓力，kg/cm²，　v: 整流子周邊速度，m/sec,

a: ブラシ接觸面積，cm²　e: ブラシ電壓降下，Volt

I: ブラシ電流，Amp. である。

Unger は，μ. p. e. に大略の値を與え，ブラシの電流密度を假定して，ブラシ面積 a を I で表わした。その結果彼は，ブラシの全損失 W を，

電氣黑鉛質ブラシの場合については

$$W = (2.1 + 0.03\,v)\,I \quad \text{watt} \quad \cdots\cdots (2)$$

金屬黑鉛質ブラシの場合については

$$W = (0.6 + 0.007\,v)\,I \quad \text{watt} \quad \cdots\cdots (3)$$

と表わした。

このブラシ損失に基づく發熱によつて整流子は溫度上昇するが，これらの間には (4) 式のような關係がある。

$$\theta = W / h_c \cdot A_o \quad \cdots\cdots (4)$$

ここに： θ ： 整流子上昇溫度，°C,　h_c: 熱放散係數，watt/cm² °C

A_o: 熱放散面積，cm²　W: ブラシ全損失，watt

である。

Unger は，熱放散面積 A_0 を，整流子の接觸面積 A_K の大體 2 倍と假定し (4) 式を變形して，

$$A_K = W / 2\,h_c \cdot \theta \quad \cdots\cdots (5)$$

1 例えば學術振興會內炭素材料研究會發行雜誌「炭素」等に發表される。
2 F. Unger: Die Belastbarkeit von Stromwendern. E.T.Z. *11*, Feb. 153～154 (1937)

とした。整流子の熱放散係數 h_c は，その周邊速度 v の値に關係するものであつて，彼は

$h_c = 7 \times 10^{-4} \cdot v^{0.786}$ なる値を用いている。

(5) 式の W に (2), (3) 式の値を代入し，θ としては，整流子の許容溫度上昇 (Unger は V.D.E. の標準規程に依つて $\theta = 60°C$ とした) を與えると，結局

電氣黑鉛質ブラシの場合には

$$\frac{A_K}{I} = \frac{2.1+0.03\,v}{0.084 \cdot v^{0.786}} \quad \cdots\cdots (6)$$

金屬黑鉛質ブラシの場合には

$$\frac{A_K}{I} = \frac{0.6+0.007 \cdot v}{0.084 \cdot v^{0.786}} \quad \cdots\cdots (7)$$

となる。Unger はこの式を用いて，v の色々な値について A_K/I を求め，實際の機械について調査した値と比較した所，良く一致すると結論している。

III 本　　論

以上述べた F. Unger の論文に於ては，ブラシの摩擦係數，抑え壓力，接觸電壓降下，電流密度には，それぞれ，或る値が假定されて居り，且つ，$A_0 = 2\,A_K$ と言う大きい假定が使用されて居る。そして，その結果が實際に調査した數値と一致したと言うことであるが，之では設計或は考察上の資料として，いささか物足りない感じがするので，筆者は，この論文を基として若干の考察を進めてみた。

(1) 式の右邊第一項 w_1 は，電機及びそれに使用されるブラシが定まれば，μ, p, v が定まる (勿論，瞬時的には，μ, p, v 等はそれぞれ變化する量であつて嚴密に言えば，常に一定値であるとは見做せないが) ので，結局 $w_1 = K_1 \cdot a$ と言う形で表わすことが出來る。

又，第二項 w_2 は，使用されているブラシに於ける接觸電壓降下を或る使用狀態について一定と考えれば，$w_2 = K_2 \cdot I$ と言う形で示すことが出來る。

從つて

$$W = K_1 \cdot a + K_2 \cdot I \quad \cdots\cdots (8)$$

となる。

さて，(4) 及び (8) 式から　$h_c \cdot \theta \cdot A_0 = K_1 \cdot a + K_2 \cdot I$　であるが，h_c は Liwschitz[3] や Arnold[4] に依ると，夫々 (9), (10) 式の如く，v の函數で示されている。

$$h_c = 0.005\,(1 + 0.7\sqrt{v}) \quad \cdots\cdots (9) \quad \text{(Liwschitz)}$$

3 M. Liwschitz 原著：岡村・和田・三好譯，電氣機械 III p. 129 修教社 (昭和・18)
4 E. Arnold: Die Gleichstrommaschine I, 689 Julius Springer Berlin. (1919)

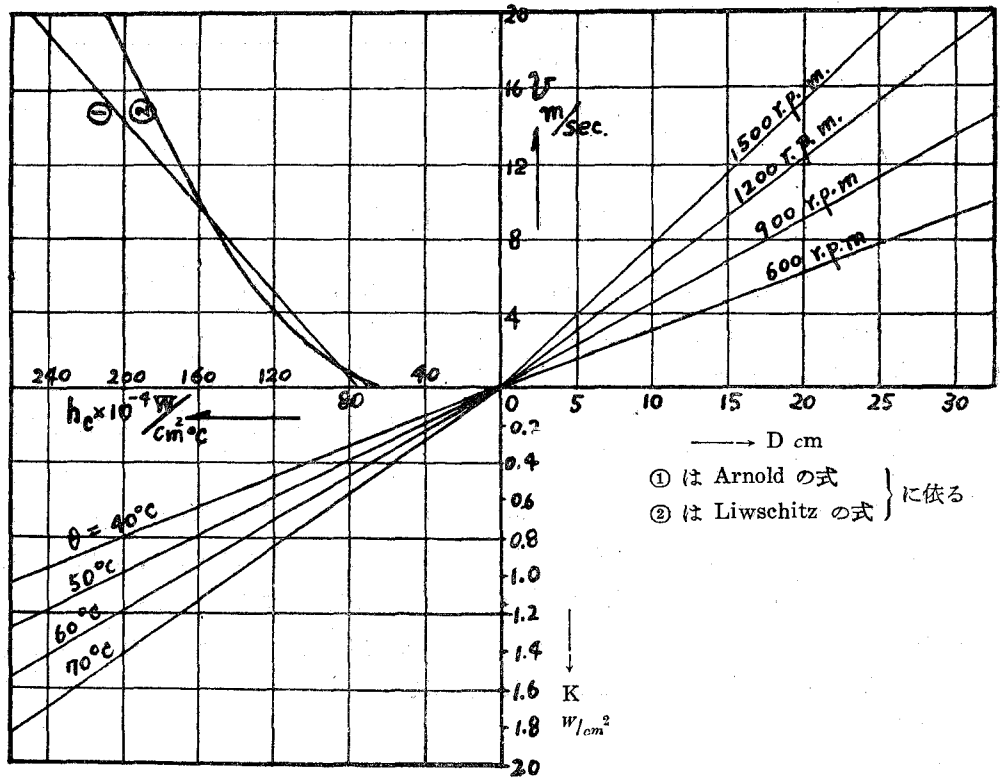
$$h_c = \frac{1+0.1\,v}{120} \quad \cdots\cdots(10) \qquad \text{(Arnold)}$$

従つて，電機の回轉數を與えれば，その時の整流子周邊速度 v から，(9)，(10) 式等によつて熱放散係數 h_c が計算出來る。θ は整流子の許容溫度上昇として，40°C，50°C，60°C 等適當な値に定めれば，結局 A_0，a，I は

$$KA_0 = K_1 \cdot a + K_2 \cdot I \cdots\cdots(11)$$

なる關係となる。

従つて μ，p，v，h_c，θ の色々な値について，K, K_1 を求めておけば，電機及び使用ブラシが定まれば，A_0，a，I の關係が直ちに求まることになる。

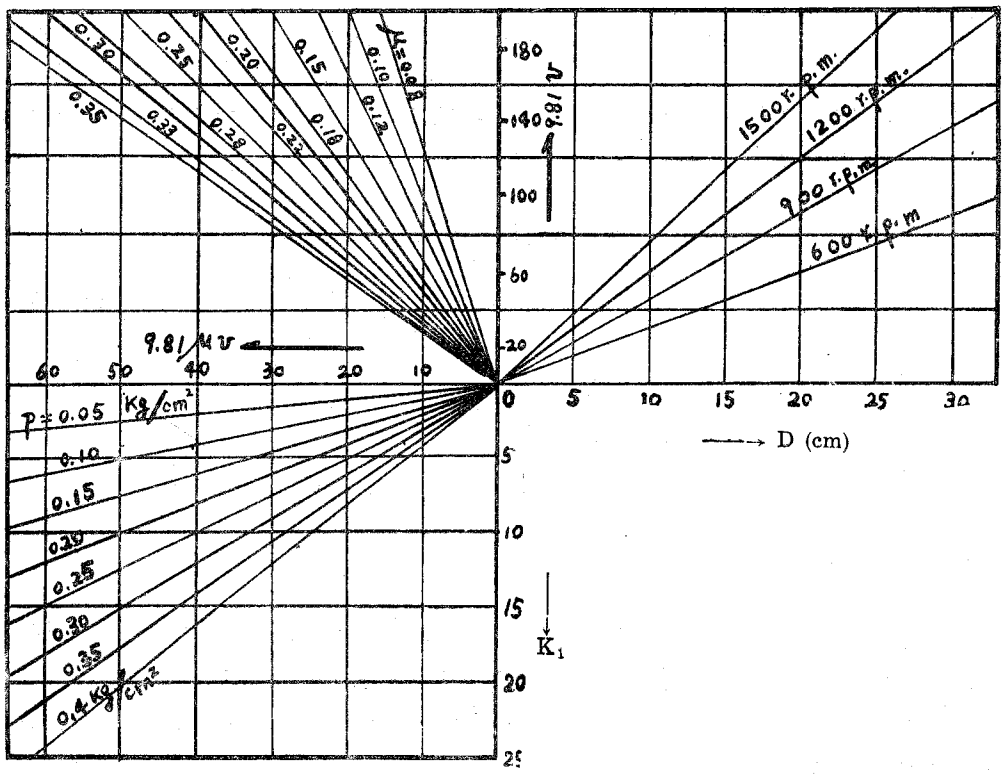


第 1 圖 K の計算圖表

第 1 圖，及び第 2 圖はそれぞれ K 及び K_1 の計算圖表である。此の圖表に依れば，各種の電機及びブラシについて，A_0，a，I の關係について設計上の一つの指針が得られると同時に，既存の電動機，發電機に關しては，それらの整流子面積及びブラシ面積（即ち，同時にブラシの電流容量）の設計の緩嚴の度合を判定することが出來る。

今，ブラシ 1 個の接觸面積を a_b とし，ブラシの全個數を n とすれば，$a = n \cdot a_b$

従つて (11) 式から $n \cdot K_1 \cdot a_b + K_2 \cdot I = K \cdot A_0$



第 2 圖　K_1 の 計 算 圖 表

然るに $a_b = 2I/n\Delta_b$,

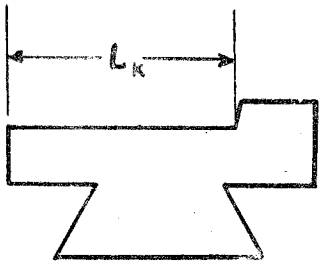
但し Δ_b はブラシの電流密度

$\therefore\ 2K_1 \cdot I/\Delta_b + K_2 \cdot I = K \cdot A_0$

$$\therefore\ \Delta_b = \frac{2K_1 \cdot I}{K \cdot A_0 - K_2 I} = \frac{2K_1 \cdot I}{K_3 L_k - K_2 I} \quad \cdots\cdots\cdots(12)$$

但し，L_k は整流子の奥行き（$A_0 = \pi \cdot D \cdot L_k$,　D は整流子の直徑．第 3 圖參照）

即ち Δ_b を或る値 c 以下とする爲には，(12) 式から $L_k \geqq c'$ なる限界値 c' が求まる。即ち，L_k を c' より大とすると Δ_b は c 以下の値となる。



第 3 圖　整流子片

即ちかかる場合，電動機（又は發電機）は定格電流値に對して，規定の許容溫度上昇には，ブラシの接觸面積が大きすぎることを意味して居り，L_k はc' まで小さくして，Δ_b を c まで增加する余裕があることになる。

IV 實機についての考察例

次に，手近にあつた直流機數種類について，(12) 式による檢討を行なつてみた。第1表に，これらの直流機の諸元を示す。

第1表 電動機諸元

No.	電動機型式	定格電壓 (V)	定格電流 (A)	回轉數 (r.p.m.)	ブラシ數個	ブラシ面積 (cm×cm)	整流子直徑 (cm)	整流子奥行 (cm)
1	1 KW 直流複卷	110	9.1	1500	8	0.8×0.8	10.0	3.5
2	2 KW 直流分卷	110	18.2	1500	4	1×2	11.4	3.5
3	3 H.P. 直流直卷	110	26	1500	8	1×1.2	11.5	4.4
4	5 H.P. 直流分卷	110	43	1500	8	1×2	12.4	6.7

例 1

1 KW 直流複卷電動機について檢討してみる。此の場合，整流子の直徑 $D=10$ cm；回轉數 $R=1500$ r.p.m. であるから，第1圖から K を求めると，$\theta=40$ °C と定めると，$K=0.6$ となる。次に，第2圖から K_1 を求めるに，$\mu=0.3$；$p=0.25$ kg/cm² として，$K_1=6$ となる。

此の電動機の定格電流 $I=9.1$ A であるので $K_2=2$ Volt と假定すると，$\Delta_b \leqq 5$ A/cm² とした場合，これらの數値を (12) 式に代入して，$L_k \geqq 1.6$ cm となる。第1表に示す通り，實際には，この電動機の整流子の奥行きは 3.5 cm である故，40°C の溫度上昇に對しても整流子片面積は，相當余裕があることが判る。但し，この電動機は小型，小容量のもので，ブラシの大きさも 0.8 cm×0.8 cm と言う小さいものであるから，ブラシ自身の構造上の問題，及び，整流子の工作上の問題もあるのであろうから，勿論，この計算結果からのみ L_k の問題を解決する譯に行くまい。

例 2

次に例1と同樣にして，2 KW 直流分卷電動機について檢討を行なう。

$D=11.4$ cm；$R=1500$ r.p.m. であるから $\theta=40$°C と定めると，第1圖から $K=0.62$，第2圖から $\mu=0.3$；$p=0.2$ kg/cm² として，$K_1=5$ となる。$I=18.2$ A であるから $K_2=2$ volt と定めて，$\Delta_b \leqq 5$ A/cm² に相當する L_k を求めると　$L_k \geqq 3.3$ cm となる。

實際の整流子は $L_k=3.5$ cm であるから，この電動機は略々 40°C の溫度上昇に對して適當な設計となつていることが判る。許容溫度上昇を，更に 50°C, 60°C と上昇してやれば，L_k には，まだ余裕がある譯である。即ち，$\theta=60$°C として計算すると，$\Delta_b \leqq 5$ A/cm² に對して $L_k \geqq 2.4$ cm となる。

例 3

以上の場合と同様にして 3 H.P. 直流直卷電動機，及び，5 H.P. 直流分卷電動機について檢討してみる。

それぞれの場合，$\Delta_b \leqq 5\,\mathrm{A/cm^2}$ として，L_k を求めると，前者は $\theta=40°\mathrm{C}$，後者は $\theta=45°\mathrm{C}$ の溫度上昇の場合の L_k の計算數値が，それぞれの電動機の實際の L_k の大きさと極めて良く一致する。

V 結　　言

直流機の整流子及びブラシの電流容量に關する相互關係について，Unger の論文を出發點として，以上の如く，極めて簡略に若干の考察を行なつてみた。

ブラシの電流容量決定法に關する研究上の考え方として，本論文が，何等かの役に立てば幸である。又，直流機の設計に於て，從來，あまり重きをおかれていないブラシ，及び，整流子の諸元決定法上，幾分かの參考ともなれば，望外の幸である。最後に，本論文に關して，色々と御批判下さつた慶大工學部教授宗宮知行氏及び本學電氣工學科の教官各位に感謝の意を表する次第である。

(昭和 28 年 3 月 23 日受付)