- 16 (1944)
- 2) R. Holm: Elect. Contact Hand Book (1958)
- 3) D. G. Flom, R. H. Savage; G. E. Rev 58, 59-61 (1955)
- 4) Raymond J. Roark: Formulas for Stress and Strain p. 289 Mc. Graw Hill Book Co. Inc (1954)

- 5) R. Holm: Elect. Contact Hand Book (1958) p. 141
- 6) W. J. Spry and P. M. Scherer: Wear 4, 137-146 (1961)
- 7) R. Holm: Elect. Contact Hand Boook (1958) p. 135

(37-9-27)

直 流 機 フ ラ シ ・ オ ー バ 時 の 現 象

山 村 竜 男*・山 崎 正 悟**

By Tatuo Yamamura and Syogo Yamazaki
(The railway technical research Institute, Japanese national railways.)

ま え が き

直流機を製作あるいは使用する者にとってフラシ・オーバはしばしば経験する現象である。特に軽量化された最近の車輛用の主電動機および電動発電機、その他製鉄などに使われる負荷変動の大きな直流機についてはいまなおしばしば悩まされる問題である。

この報告は直流機がフラシ・オーバする理由およびその過程を吟味し、その最初のきっかけといえる過渡時の整流火花発生条件を調べ、この考えに従って実際に直流機をフラシ・オーバさせて、そのときの状態を高速度写真撮影し、合わせてフラシ・オーバ電流、端子電圧等の関係をオシロスコープで撮影した結果について述べる。

2. フラシ・オーバの原因と過程について

フラシ・オーバの原因について Atwell¹⁾氏は次のように大別している。

(1) ブラシの飛上り、(2) 整流子面のリング・ファイアー、(3) 電流の急変、(4) 整流不良をあげている。

その過程について McClinton, O'conner²⁾ 氏らの考えは整流子周辺の電圧分布その他の条件が成立すれば、ブラシよりある時間継続して発生する整流火花によって電離したある量の空気が、他のブラシに達してフラシ・オ

ーバするというものである。

前述した4原因も要約すると必ずきっかけとしてブラシより多量のイオンを発生させる火花が生ずるものと考えてよい。

3. 過渡時の整流火花

上にあげた4原因の中 2.(1) は大体の原因がつかめるものと考えられ、2.(2) は整流子バー間に炭素粉等がつまり絶縁不良になって生ずることが主に考えられ、ブラシ材質或は整流子バー間のマイカアンダー・カットの形状等に原因するものと思われる。2.(4) の定常状態の整流不良の原因に対して考えられることは、補極ギャップ調整不良、ブラシ位置、ブラシ材質の不適、整流子にハイパー或はローパーが生じている場合等が考えられ又補極巾、電機子コイル・インダクタンスその他の整流条件の設計不適當がある。しかし 2.(3) の電流の急変によるものは定常状態では良好に運転されている場合であり、我々が経験する多くはこれによるものではないかと思われるで、直流機の主電流が急変してからフラシ・オーバする迄の過程およびフラシ・オーバの状態をたどって見ることにする。

過渡時にブラシより発生する整流火花については既に筆者らが詳しく報告³⁾ してあるが、ここではその大略を述べることにする。

説明を簡単にするため直流直巻電動機的主電流が急増する場合について考えることとし、第1図にその簡略図を示す。

主電流が急変する過渡時に整流コイル中の適当な整流

* 鉄道技術研究所 電力機械研究室長 工博

** 同 所 同 研究室

Fig. 1 (a)
Circuit Diagram
of a Series Motor

Fig. 1 (b)
Direction of Magnetic
Fluxes

電圧を乱す原因は次の二つのものがある。なお整流火花は整流の終り即ち整流コイルが接がれているバーがブラシを離れようとするとき最も火花が出易いので、この瞬間について考えればよい。

(1) 過渡時の直流機補極ギャップ磁束は第2図に示すように電流に対して遅れて変化し、このため一時的に

Fig. 2 Relation between Current, Flux
and Induced Voltage

整流コイル誘起電圧が不適當になりブラシより火花を発生するようになる。

定常運転状態では整流のリアクタンス電圧が完全に補償されているものとし、整流コイル電圧の中過渡電流に対する補極ギャップ磁束の遅れのために補償されない分をその瞬時の電圧 e_d とする。

(2) 電流が急変すると、主極、補極および電機子反作用による磁束(第1図)(b) ϕ_F , ϕ_I および ϕ_A が変化し、この磁束が貫通している整流コイルに電磁誘導電圧 e_m を生ずる。

整流コイル中の過渡時に補償されない電圧を e_t とすれば

$$e_t = e_d - e_m$$

となり、更に e_t と整流火花との関係を次のように表わす。

直流機のブラック・バンドの下限まで減流した補極電流(主電流急増の場合に対して)に相当して整流コイルに誘起する電圧を e_c とし、 e_c を単位として過渡時の補

償されない電圧 e_t を次のように表わす。

$$\alpha = \frac{e_t}{e_c} = \frac{e_d - e_m}{e_c}$$

但し e_m の符号は磁束変化の方向で決まる。

α を過渡無火花帯率と定義すれば、その絶対値が1を越えるとブラシより火花が発生することになる。

第3図に4 HP 直流直巻電動機で調べた、主電流の変

Fig. 3 Transient Black Band Ratio and Peak
Voltage between Brushes

化初めを0として補極ギャップ磁束の追従等から計算した経過時間に対する α の値の例と、それに相当するブラシより発生する整流火花の状態を正負ブラシ間にあらわされるピーク電圧 P_V の包絡線で示してある。

第3図によれば直流機の過渡時に発生する整流火花は電流変化が起きてから或時間経過して発生することが判る。此の場合磁束変化による電磁誘導電圧の作用は第2図で判るように電流変化の初期の短い時間のみに影響するので、フラシ・オーバするのに必要な多量の空気をイオン化させる火花は主に補極磁束の遅れにより生じたものによると考えてよい。

4. 直流フラシ・オーバの状態

上に述べたように直流機の主電流が変化するときの整流火花の発生のしかたが判ったので、実際の直流機に過渡整流火花を出してフラシ・オーバさせた結果を述べる。

(1) 実験装置 供試機として端子電圧 1500 V DC の電車で用 3 kW 電動発電機の電動機側を他励発電機として使用した。これはフラシ・オーバを起す条件として、機械の端子電圧が大きく影響し、電圧が高い程起し易いという理由によって選んだものである。尚 3. に述べた 4 HP 機の実験と異なることは、他励機であるため過渡時に主極磁束変化がない故電磁誘導電圧 e_m の状態が異なる。しかしこれは電流変化初期のみに関係する故余り重くみる必要はないものと考ええる。又発電機としたため電機子反作用による整流子電圧分布の状態が変わるが補極作用による整流火花発生の機構はほとんど変りはない。

Fig. 4 Circuit Diagram for Flashing Over Tests on a D. C. Generator

装置の回路を第4図に示す。図で整流子周上、正負ブラシ間に第3電極をおき、フラシ・オーバし易くするとともに、この電極を流れるフラシオーバ電流 I_{fo} を分流器 R_{sh} を通してブラウン管オシロスコープで撮影するようにした。またこの機械は小容量のためアークが続くための十分な火花が出にくいので、補助的にあらかじめ補極に電流を流して適当な火花を出しておくようにした。発電機端子電圧 E_a は分圧器より多現象オシロスコープでフラシ・オーバ電流およびタイミングと共に同時観測した。

この回路でスイッチ S_1 を閉じ主電流を急に流すと過渡火花がブラシより生じ、フラシ・オーバする。 S_1 と同期させ毎秒 3,000 駒の 16 m/m 高速度写真機でフラシ・オーバを撮影すると共にオシロスコープで電気的狀態を撮影する。高速度写真は正ブラシと第3電極付近を撮影した。 S_2, S_3 はフラシ・オーバ観測後速かにアークを止めるためのもので、 S_1 が閉じた後適当に調整されたタイム・リレーが動作して S_2 を閉じ供試発電機他励界磁コイルを短絡して発電電圧を下げフラシ・オーバを止めると同時にスイッチ S_3 を開いて駆動電動機の電源を切るようにしてある。

(2) 実験結果 第5図はフラシ・オーバ時のオシロ

Fig. 5 Oscilligrams during Flashing Over

Fig. 6 Sketches of Oscillograms during Flashing Over

Fig. 7 Photos of Flashing Over by the High Speed Camera about 3,000 Frames/sec

グラムの一例で、第6図に引直して示す。第7図群は高速度写真によるもので大略を説明すると次のようになっている。

第7図(1) 主電流の流れ初め即ち第6図の時間0のときで未だアークはできていない。

第7図(2) 約 30 ms 経過後でブラシより次第にアークがのびてきてフラシ・オーバし始める状態で、第6図で I_{fo} が流れ始めていることが判る。また端子電圧 E_a は急に低下している。

第7図(3) 40 ms のフラシ・オーバで強烈なアークが発生している。

第7図(4) 50 ms で一時アークが切れるときの状態で、第6図の I_{fo} は0になっている。

第7図(5) 52 ms 後再びアークが伸び、フラシ・オーバしはじめる。

第7図(6) 約 100 ms のフラシ・オーバの状態。なおこれ等の状態のとき写真に写っていない反対側即ち負ブラシ側でもフラシ・オーバしている。以上の結果は次のように要約できる。

直流機の主電流が急変した場合、3. (第3図) に述べたように一般的に整流火花は電流変化が始まってから或時間経過して出易くなるが、このことは第5図のオシログラムおよび高速度写真によっても示されている。

肉眼では連続的に見えるアークは断続しており特にフラシ・オーバの初期では不安定で時間の経過とともに割合安定したアークとなっている。

フラシ・オーバはガスのように見え、アークは整流子の回転につれてのびてくる。また整流子周辺の風や電磁力等によって移動するのではないかと考えられ、アークが断続する現象もそのような力による影響が大きいものとする。

アークの発展するときのフラシ・オーバ電流は比較的ゆるやかに増加するが、アークの消滅するときの電流は

急に減少することが第5図のオシログラムに見られる。

フラシ・オーバ電流の大きさはこの場合定格の約15倍にもなり、電機子の内部抵抗を含む回路抵抗とアーク電圧降下で制限された電流値となる。

端子電圧がフラシ・オーバ後極性が反転しているが、これは大きなフラシ・オーバ電流が電機子巻線に流れるための電機子反作用によるものとする。

5. む す び

簡単な実験ではあるが、直流機フラシ・オーバのきっかけは多量のイオンを生ずる整流火花であることが判り、フラシ・オーバの状態と電流、端子電圧等のおうよその状況を知ることができた。なお高速度写真撮影は鉄道技術研究所車輛運動研究室松井哲、二本柳忠両氏に御世話になった。

参 考 文 献

- 1) C. A Atwell: RLC 72 (1954-3)
- 2) Mc Clinton & O'conner: Trans Amer Inst. Elect. Engrs 72 Pt III (1953)
- 3) 山村, 山崎: 電学誌 80, 598, (1960)

整 流 子 荒 損 現 象 に 関 す る 実 験 的 研 究

高 橋 広 治*・武 政 隆 一**

Reserchon Phenomena of Commutator Damage

By Hirogi Takahashi and Takaichi Takemasa

(Ibaragi Factory, Hitachi Kakō Co.)

Recently we have met very often with the Phenomena of Commutator damage in chemical factories, paper mills and steel factories, but we have no adequate measure. Then, in order to solve the problem, we studied the phenomena of Commutator damage in normal atomosphere, and the following results were obtained.

It become clear by testing in every way that the Phenomena was caused by electrolysis and mechanical scratch of the brush. And, as a result of experiment, we confirmed that the temperature, humidity, current density and brush material had influence on Commutator damage. Generally under the condition of high humidity and high current density the damage is due to electrolysis, but under the low humidity and poor current density the damage is due to scratch of the brush.

要 旨

* 日立化工株式会社 工博

** 日立化工株式会社 工博

最近化学工場、製紙工場および製鉄所等では直流機の