

単相整流子電動機の伝導雑音

—発生機構および伝搬機構について—

桜井勇良*・嶺岸茂樹**・安達竹之進**・大森忠夫**

The Conducted EMI of the Single-Phase Series Commutator Motors

—On the Mechanism of Generation and Propagation—

Yuryo SAKURAI*, Shigeki MINEGISHI**, Takenoshin ADACHI**
and Tadao OHMORI**

Generally, the noise of the single-phase series commutator motors occurs due to a spark discharge, its frequency spectrum contains high-frequency components (-VHF range), and generate interference to many other electronic equipments (for example Radio, Television Receivers, etc.).

As mean for protection to the conducted EMI (electro magnetic interference), generally, $0.1 \mu\text{F}$ capacitor are installed between the conductors in a power cord and $0.003 \mu\text{F}$ capacitor between the each conductor of a power cord and the metallic part of the instrument. However, the interference exist in many areas, and this tendency will become more pronounced.

Hence, we made an experiment to clarify the mechanism of generation and propagation of the conducted EMI, which is necessary in order to establish the preventative method.

We measured the spectrum of the noise current which propagate on the line, the voltage waveform between brushes (noise source), under various conditions (brush pressure, length of the line, revolutions per minute of the armature, etc.).

The spectrum is measured by a spectrum analyzer, and the voltage waveform is measured by a cathode-ray oscilloscope (CRO).

The results written in this paper are as follow, 1) the noise occurring at regular intervals, the magnitude of the noise is influenced of spark discharged voltage and of the stability of contact between brush and commutator, 2) the noise current generated by spark discharge at the brushes, propagates to the power line and is reduced by passing through the field winding (include the core), 3) the envelope and level of the spectrum of the noise current which propagate on the line are influenced by the line constants, the length of the line, and the magnitude of the sparking voltage which is proportional to the revolutions per minute.

We consider that result 2) is an important fact to prevent the noise current and it seem to suggest that the field winding has a specific characteristic.

1. ま え が き

近年、電子、電気および通信機器の増加に伴って機器の発生する電磁妨害 (Electro Magnetic Interference:

EMI) による被害が多発し、以前にも増して各機器間の電磁環境は、悪化の傾向を辿っている。特に、欧米諸国においては、その被害が人体を含めた生物に対しても及ぶことから一種の公害問題として取り上げられている。幸いに、我が国では、それ程大きな問題にはなっていない模様であるが、産業活動の面積密度が大きいことか

* 電気工学科 助手 ** 東北学院大学工学部
1982 年 11 月 25 日受理

ら、今後、大きな問題となる可能性が強いことが指摘されている^{1)・2)}。

一般に、このような妨害に対する規制の代表的なものとしては、CISPR (国際無線障害特別委員会) 規格があり、各国は、これを参考にして国内規定を制定し、障害を規制している。例えば、ASA 規格 (アメリカ標準規格)、MIL 規格 (アメリカ軍用規格)、VDE 規格 (ドイツ標準規格) 等である。我が国では、電波技術審議会 (Japan Radio Technical Council: JRTC) 答申によって、EMI 規制が行われている。しかし、妨害の発生機構およびその伝搬機構等が複雑多様であるため、完全な規制を行うまでに至っていないのが実情である。ところで、この種の問題を含めて EMI 問題は、EMC (Electro Magnetic Compatibility: 電磁整合、我が国では環境電磁工学と呼ぶ) という新しい科学分野において、多方面から種々研究されている。我が国においては、4, 5 年前から本格的に研究が行われるようになってきている。

一般に、人工雑音源として扱われているものは、スイッチング動作あるいは各種放電現象を有するものが多い。小型整流子電動機は、小型で起動トルクが大きいという利点から電動工具や家庭電気製品等に多く用いられているが、整流火花 (放電雑音) および摺動接点 (摺動雑音) 等に起因する雑音を発生し、ラジオ、テレビ等受信機の受信妨害の主要な原因とされている。これに対する雑音発生側の防止対策は、電気用品取締法で種々規定されている。一方、ラジオ、テレビ等の妨害の受信側においては、サージアブソーバやラインフィルタ等により種々の防止対策が取られているが、それにも拘らず雑音による妨害は種々存在している³⁾。

また、マイクロ・プロセッサを組み込んだ装置がますます市場に現れ、家庭用電気機器にまでマイクロ・プロセッサが組み込まれてくるような状況では、家庭用電気機器に限らず、人工雑音源と見做される各種機器から発生する雑音に関する規制が、より厳しくなることは、最近の CISPR 等の動向⁴⁾ から明らかなである。このような背景から考えても人工雑音源の 1 つである小型整流子電動機の発生する雑音について、その発生機構や伝搬機構を解明することは、雑音の抑制、防止対策を検討する上で極めて重要なことである。

ところで、小型整流子電動機の発生する雑音に関しては、これまで、発生する雑音の、電界強度の測定やその

抑制、防止対策について試行錯誤的に検討がなされてきているだけで^{5)・7)}、経年変化による整流子電動機のブラシ荷重の減少やブラシの接触安定度の低下、機器のデジタル化に伴うその入力レベルあるいは信号レベルの低下等の問題をも含めて、雑音の抑制、防止の観点から雑音の発生機構およびその伝搬機構の解明について検討された例は少ない。また、整流子電動機の整流子とブラシの部分を取り出し、整流に際して生ずるアーク放電の電流波形を整流子の回転速度と関連づけて観測している研究⁸⁾ 等があるが、これは、整流子電動機を簡略化して行ったものであり、既存の整流子電動機そのものを用いて、それが発生する雑音の発生機構やその伝搬機構について検討された例は、ほとんど見られない。

そこで、人工雑音源として既存の小型整流子電動機 (電気掃除機に用いられていたもの) を取り上げて、雑音発生の実態を把握することにした。

一般に、空間よりも電源線や信号線等が雑音の主な侵入経路である³⁾ ことから、本研究では、整流子電動機の発生する雑音のうち、主として伝導雑音 (Conducted EMI) に関して、スペクトラムアナライザ、オシロスコープ等を用いて、導線を伝搬する雑音電流の周波数スペクトル (雑音スペクトル) の測定および電圧波形の観測等を行った。その結果、雑音の発生機構に関しては、雑音発生の周期性、火花電圧およびブラシの接触安定度による雑音発生レベルへの影響、また、伝搬機構に関しては、界磁巻線の雑音電流に対する抑制作用、導線長の雑音スペクトルへの影響等が、それぞれ実験的に明らかにされた。更に、それらの事実に基づいた雑音の抑制、防止対策等について提案した。

2. 実験方法

測定システムは図 1 に示すように、既存の小型整流子電動機に 0.75 mmφ のホルマル線を平行に接続し、電圧調整器 (VR) により電源電圧 V_i 、回転数 N 等が任意に変えられるようになっている。実験条件は、表 1 に示すように各実験項目毎に、ブラシ荷重、負荷の種類、導線の長さおよび電源電圧等をそれぞれ設定した。尚、負荷の種類については、予め実験で使用する小型整流子電動機のシャフトに空冷を兼ねた金属性の羽根を種々取り付け、負荷特性 ($I-N, V_i$) を測定し、測定結果の中から、図 2 に示す負荷特性を持つものを任意に 4 種類 (軽い順に A, B, C, D とする) 選択し、パラメータとして

単相整流子電動機の伝導雑音 (桜井勇良・嶺岸茂樹・安達竹之進・大森忠夫)

表 1 測定条件

実験	電源電圧 V_i (V)	ブラシ荷重 B_p (g)	負荷の種類	導線長 (m)			
				l_1	l_2	l_3	l_4
2.1	50	230	D	0.2	0.2	0.5	0.5
2.2	100						
2.3	~100	100~230*	A, B, C, D				
2.4	55	230	D	~3.0			

* 圧力は $211.0 \sim 485.2 \text{ g/cm}^2$ となる (規格は $100 \sim 500 \text{ g/cm}^2$ である)

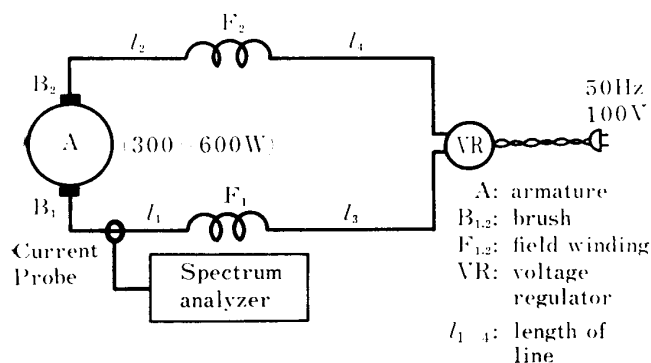


図 1 測定システム

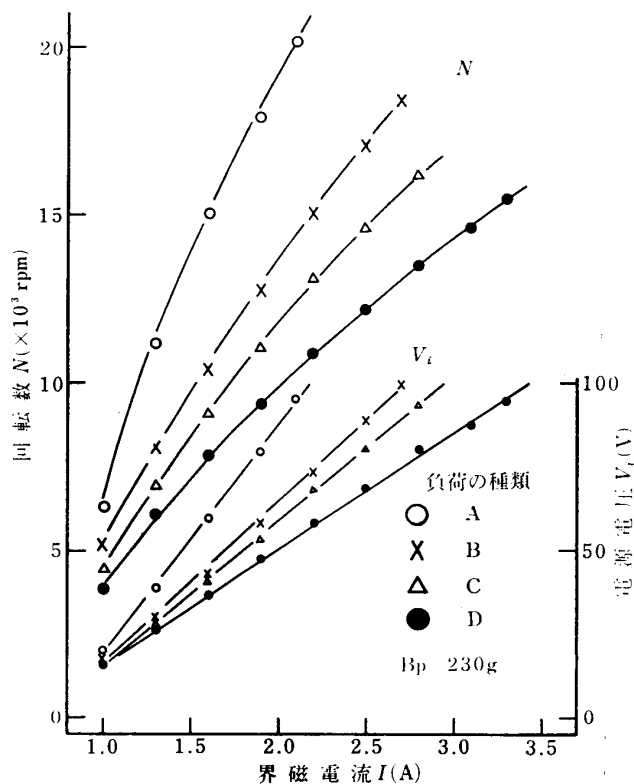
用いることにした。以下、実験項目およびその測定方法について述べる。

2.1. 電圧波形

この種の雑音は、ブラシと整流子片との接触が離れる時に生ずる火花放電に起因することから、それを確めるためにブラシ間 (B_1, B_2 間) の電圧波形を観測した。更に、発生した雑音電流が電源線へ伝搬する時の界磁巻線 F_1, F_2 による影響を確めるために界磁巻線間 (F_1, F_2 間) の電圧波形をオシロスコープで観測した。

2.2. 雑音発生の規則性

雑音発生はブラシと整流子片との接触が離れる毎に起こると言われているので、それを確めるために雑音電流が流れている導線を電流プローブ (AILTECH 94111-1) でクランプし、同軸ケーブル (5D2V) によりスペクトラムアナライザ (YHP, 141 T, 8552 B, 8554 B) に導き、スキャンモードをゼロスキャンモードに設定して、発生している雑音成分の時間的変化を観測した。更に、電流プローブの出力を 50Ω で成端したオシロスコープに導いて、その出力波形と、ブラシ間の電圧波形とを、同時

図 2 負荷特性 ($I-N, V_i$)

観測して、二つの波形の間の時間的な相互関係を調べた。

2.3. ブラシの接触安定度による影響

ブラシと整流子との接触安定度は、雑音発生に大きな影響を及ぼすと考えられることから、実験的にその影響を確めるために、ブラシ荷重、負荷および整流子の回転数等を種々変化させることにより、ブラシの接触安定度を変えて、発生する雑音レベルを、 l_1 の中央で、電流プローブと 2.2 と同じユニットのスペクトラムアナライ

ザを用いて測定し、雑音スペクトルをも測定した。尚、この実験は、回転する整流子面の状態により大きな影響を受けると考えられるので、整流子面の状態がどの実験においても同じになるように、実験毎に、その都度整流子面に付着した炭素系皮膜を全て取り除いて実験した。また、長時間動作させると、電機子の回転変動やそれに伴う機械的振動の変化等により実験条件が変化することが考えられるので、1つの実験時間を約1分間とし、測定を数回行い、それらの平均値を測定値とした。

2.4. 導線長による影響

各導線を 3.0 m まで任意に変化させた場合の雑音スペクトルの変化を、電流プローブと実験 2.2 と同じユニットのスペクトラムアナライザを用いて測定した。また、導線の長さを長くした場合、反射が存在することが考えられるので、併せてその有無も確認した。

3. 実験結果および考察

3.1. 電圧波形

写真 1 (a) および (b) にブラシ間と界磁巻線間の電

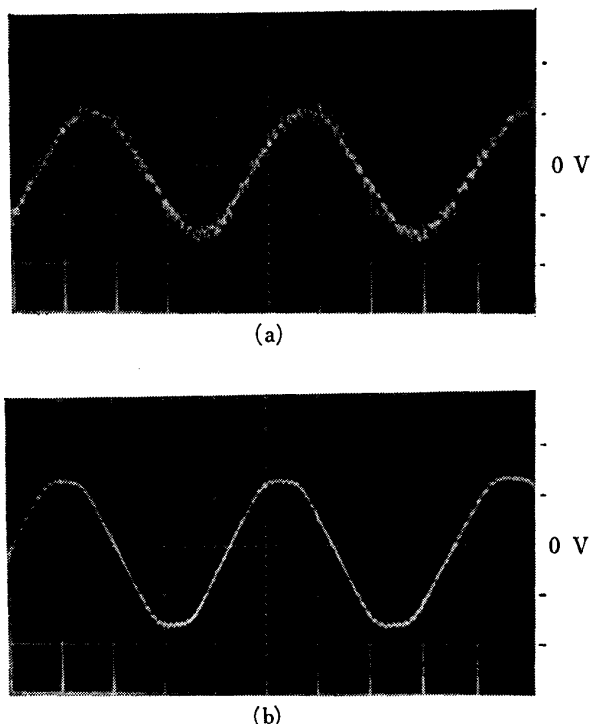


写真 1 電圧波形

$V: 50 \text{ V/div}$, $H: 5 \text{ ms/div}$,
 $V_i=50 \text{ V}$, $B_p=230 \text{ g}$, 負荷の種類: D,
 $N=10000 \text{ rpm}$.

(a) ブラシ間 (B_1-B_2)

(b) 界磁巻線間 (F_1-F_2)

圧波形の測定例をそれぞれ示す。(a) より、ブラシ間の電圧波形は、50 Hz の商用電源電圧に、雑音の源と見られるインパルス性の電圧 (インパルス電圧) が重畳して複雑な様子を呈していることがわかる。また、インパルス電圧の大きさは、商用電源電圧の正および負の最大値付近で大きくなり、全体的な傾向としては、約 10 ms 毎に変化していることもわかる。次に、(b) について見ると、(a) に見られるような大きなインパルス電圧はほとんど見られず、商用電源電圧の正および負の最大値付近に小さな電圧変化が見られる程度で、その大きさは (a) に比べてかなり小さくなっている。

雑音の源と考えられるインパルス電圧の大きさがこのように界磁巻線間で小さくなったのは、整流子電動機の構造上から考えて、ブラシの所で火花放電により発生したインパルス電圧は、界磁巻線も含め、波形の波頭を緩かにするコイルの性質により、その波高値が減少したためと考えられる。

このように、発生した雑音がその装置内で減衰することは、これまで整流子電動機は、単なる雑音発生源であると考えられてきたが、実際には、雑音の発生部 (ブラシと整流子の接触部分) と抑制部 (界磁巻線) の両面を有する人工雑音源であることを示すものである。したがって、このような伝導雑音に対する界磁巻線の抑制作用は、雑音の抑制、防止対策を検討する上で重要である。また、雑音フィルタ等の取り付けに関して、大きな問題となっている電源インピーダンスや負荷インピーダンスの大きさによる減衰特性の劣下等の問題を解決するにもこの抑制作用は役立つものである。したがって、このような雑音抑制作用をもっている界磁巻線の高周波特性については、今後、詳細に検討する必要がある。

3.2. 雑音発生の規則性

雑音発生の時間的な変化の測定例として 10 MHz の結果を写真 2(a), (b) に示す。写真 3 には、ブラシ間の電圧波形 (上) と導線 I_1 をクランプした電流プローブの出力波形 (下) とを同時に観測した結果を示す。

この種の雑音は、図 3 に示すように整流子がブラシと接触しながら回転し、その接触が離れる時に発生する火花放電に起因すると言われている。その発生周期 T は、図 3 に示した (1) 式で求められる。写真 2(a) の波形から発生周期を求めると約 0.2 ms となり、(1) 式に回転子の周速 v と整流子片ピッチ w_p を代入して求めた値 (約 0.238 ms) とほぼ一致する。

単相整流子電動機の伝導雑音 (桜井勇良・嶺岸茂樹・安達竹之進・大森忠夫)

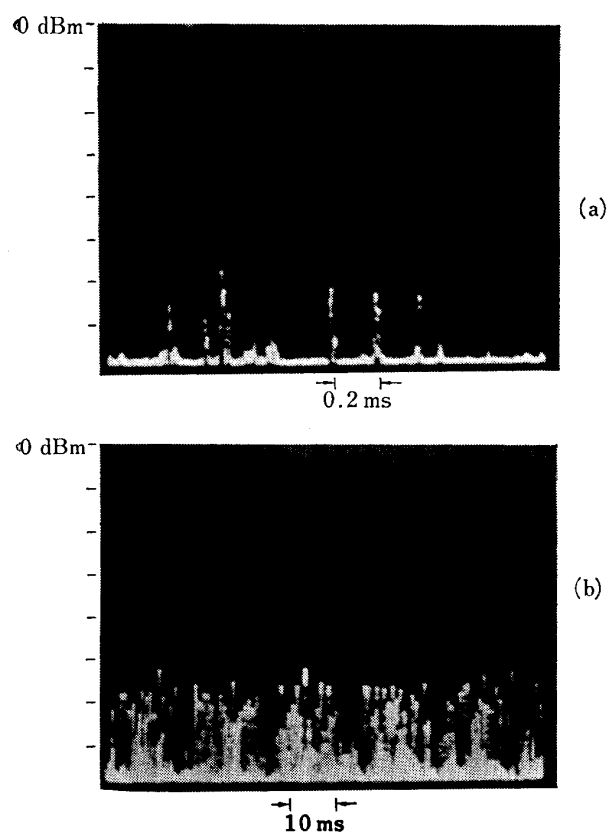
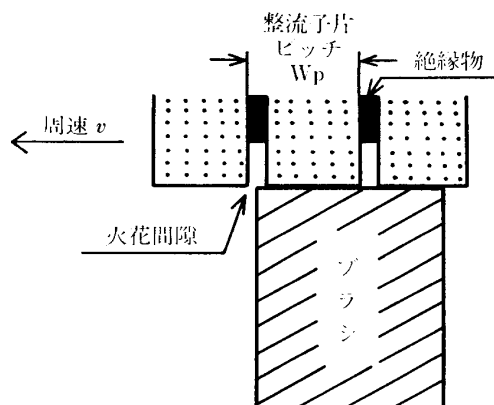


写真 2 雑音レベルの時間的変化 (10 MHz)
 $V: 10 \text{ dB/div}$, $H: \begin{cases} (a) & 0.2 \text{ ms/div} \\ (b) & 5 \text{ ms/div} \end{cases}$,
 $B_w = 100 \text{ kHz}$, $B_g = 230 \text{ g}$, 負荷の種類: D,
 $N = 10500 \text{ rpm}$.



写真 3 上: ブラシ間 (B_1-B_2) の電圧波形
 下: 電流プローブの出力波形
 $V: \begin{cases} \text{上} & 50 \text{ V/div} \\ \text{下} & 5 \text{ mV/div} \end{cases}$, $H: 0.1 \text{ ms/div}$,
 $B_p = 230 \text{ g}$, 負荷の種類: D,
 $N = 15100 \text{ rpm}$.



火花電圧発生周期 $T = w_p / v \text{ (s)}$... (1)
 但し, $w_p = 3.4 \text{ mm}$, 電機子直径 $D = 26 \text{ mm}$

図 3 ブラシと整流子の接触部の拡大図

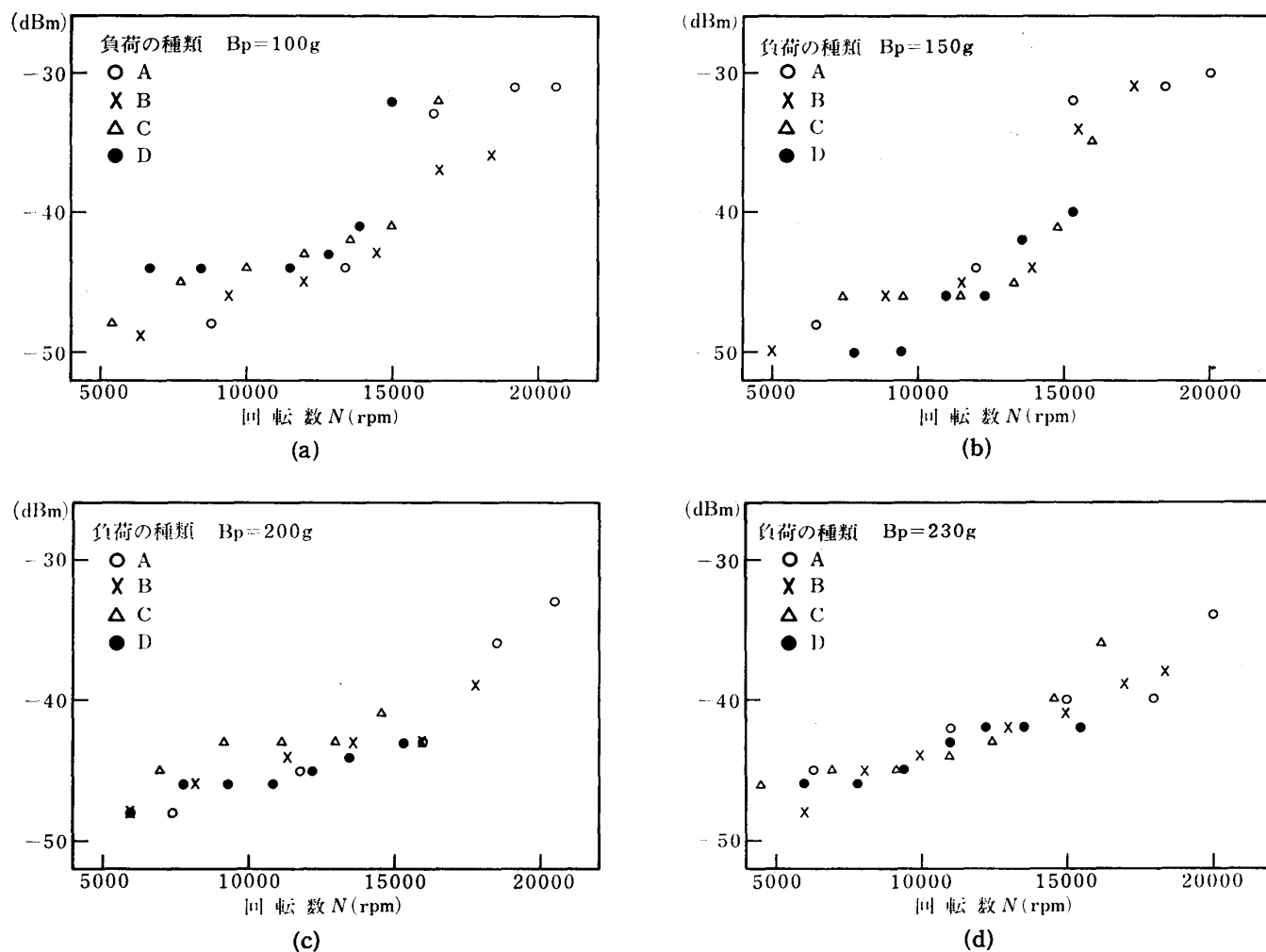
また, 写真 2(a) の場合に比べて時間軸を 25 倍長くすると (b) のようになり, この写真で雑音レベルの包絡線を求めると, 約 10 ms 毎にレベルが変化していることがわかる。この規則性は, 写真 1(a) において, インパルス電圧の大きさが, 商用電源電圧の正および負の最大値付近で大きくなり, 全体的な傾向として約 10 ms 毎に変化していたことを考えれば理解できる。

次に, 写真 3 について見ると, 雑音源とされるインパルス電圧が現れるところで電流プローブの出力波形が複雑に変化し, その大きさは, インパルス電圧の大きさに対応しているのがみられる。また, 大きなインパルス電圧の発生間隔を求めると約 $140 \sim 180 \mu\text{s}$ となり, (1) 式より求めた計算値 (約 $165.4 \mu\text{s}$) とほぼ一致していることがわかる。

以上の結果より, 個々の雑音はインパルス電圧に対応して発生し, その間隔は (1) 式で求められる。更に, 雑音の大きさはインパルス電圧の大きさに影響され, ほぼ商用周波数の $1/2$ 周期 (10 ms) で規則的に変化することが明らかになった。但し, これらのことは, 次に述べるブラシの接触安定度が良い場合に得られることであって, 接触安定度が悪化した場合は, この限りではない。

3.3. ブラシの接触安定度による影響

ブラシの接触安定度による雑音スペクトル変化を測定した結果, その包絡線があまり変わらなかったことから, 各周波数のレベルへの影響はほぼ一定と見做されるので, 一例として 10 MHz の雑音レベルの結果を図 4 に示す。縦軸は 50Ω 系における雑音電力である。写真 4, 5 は雑音スペクトルの測定例である。

図 4 回転数に対する雑音レベルの変化 (10 MHz, $B_w = 100\text{ kHz}$)

尚, 接触安定度を定量的に求めることが困難であったので, その一つの評価として, ブラシの所で発生する整流火花が大きくて, 整流子面に形成される炭素系皮膜の付着面積が大きいく程, 接触安定度は悪化している⁹⁾として相対的評価を行った。

図 4 について, ブラシ荷重別に全体の傾向を見ると, いずれにおいても雑音レベルは, 回転数 N の増加に伴って高くなり, ブラシ荷重あるいは負荷が大きくなるに従って, その変化は直線的になることがわかる。

ブラシの接触安定度の面から見ると, いずれの場合においても N の増加に対して整流火花は大きくなり, 炭素系皮膜の付着面積も大きくなるが, ブラシ荷重あるいは負荷が大きくなるに従って, それらの大きさは, 共に相対的に小さくなっていた。雑音レベルの変化との関係を見ると, ブラシの接触安定度が比較的良好な場合は, N

が増加しても雑音レベルの増加は少なく, 悪化した場合には N の増加に対して雑音レベルは, 大きく変化することが明らかになった。これらのことは, 次に述べる写真 4 の雑音スペクトルの結果からも理解できる。

写真 4 について見ると, 界磁巻線 F_1 を通過した場合の雑音スペクトルの, 上限周波数とレベルとが, F_1 の通過前に比べていずれも低くなっていることがわかる。この結果は, 3.1 で述べた伝導雑音に対する界磁巻線の抑制作用を, 更に裏付けるものである。

以上のように, ブラシの接触安定度を種々の条件により変化させた結果, 雑音の発生に対して大きな影響力を持つということが実験的に確かめられた。これらの結果は, 実際に整流子電動機のブラシ荷重あるいは回転数が, 経年変化, 負荷の変動あるいはその他の原因により大きく変化し, それに伴ってブラシの接触安定度が悪化

単相整流子電動機の伝導雑音 (桜井勇良・嶺岸茂樹・安達竹之進・大森忠夫)

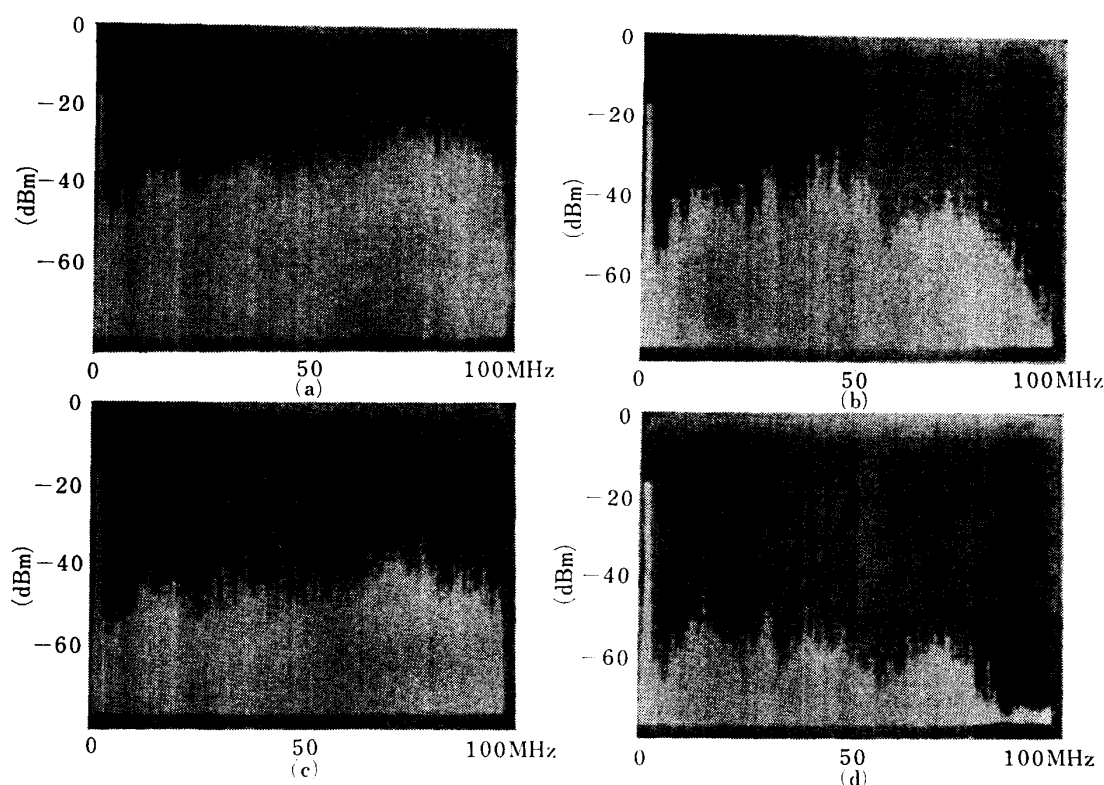


写真 4 雑音スペクトル

V : 10 dB/div
 H : 10 MHz/div
 B_w : 100 kHz

(a)(c): 界磁巻線 (F_1) 通過前
 (b)(d): " " 通過後
 (a)(b): $B_p=100$ g, 負荷の種類: B, $N=18000$ rpm, $I=2.5$ A.
 (c)(d): $B_p=230$ g, 負荷の種類: D, $N=15700$ rpm, $I=3.4$ A.

した場合、発生する雑音の上限周波数とレベルが増加することをモデル的に示していると考えられるので、ブラシの接触安定度に大きな影響を及ぼすブラシ荷重、回転数等の因子については、経年変化によって大きく変化しないように設計時において検討する必要がある。

写真 5 の (a) は負荷が有る場合、(b) は無負荷の場合において、 I_1 の中央で測定した雑音スペクトルである。両者を比較すると、(a) に比べて (b) のスペクトルの上限周波数とレベルは、共に高くなるのがわかる。これは、(b) の場合の整流火花が (a) に比べて大きな舌状となり、約 1 分間という短時間動作にも拘らず炭素系皮膜が整流子全面に形成されていたこと等から、明らかに回転数が 20,000 rpm から 32,500 rpm に増加したことにより接触安定度が悪化した結果である。

ここで、ブラシの接触安定度が悪化した場合に引き起こされる主な悪影響を EMC の観点から考えると、伝導雑音に限らず、放射雑音 (radiated EMI) が増加し、広

帯域にわたって電波妨害 (Radio Frequency Interference: RFI) を引き起こすことは容易に推測される。また、それに伴ってブラシから数 cm 以内の近距離に存在する電源線への誘導による混入により¹⁰⁾、従来のブラシ-界磁巻線-電源線という伝搬経路とは別に、ブラシ-空間-電源線という新たな伝搬経路が形成され、前述した界磁巻線の抑制作用を受けずに電源線を伝搬する雑音が存在するため、伝導雑音のレベルや上限周波数は増加し、電源線等からの 2 次的な放射雑音が増加することも考えられる。更に、現実的な問題としては、伝導雑音を抑制、防止するためにコンデンサあるいは EMI フィルタ等を電源線間あるいは雑音源に近いところに取り付けたと¹¹⁾、それらはあくまでも、それらを通過する雑音に対して有効に働くものであって、前述した空間を伝搬して電源線へ混入する雑音に対しては、その有効性が大きく失われ、フィルタ等を取り付けて抑制、防止対策を行ったにも拘らず伝導雑音による種々の妨害が存在

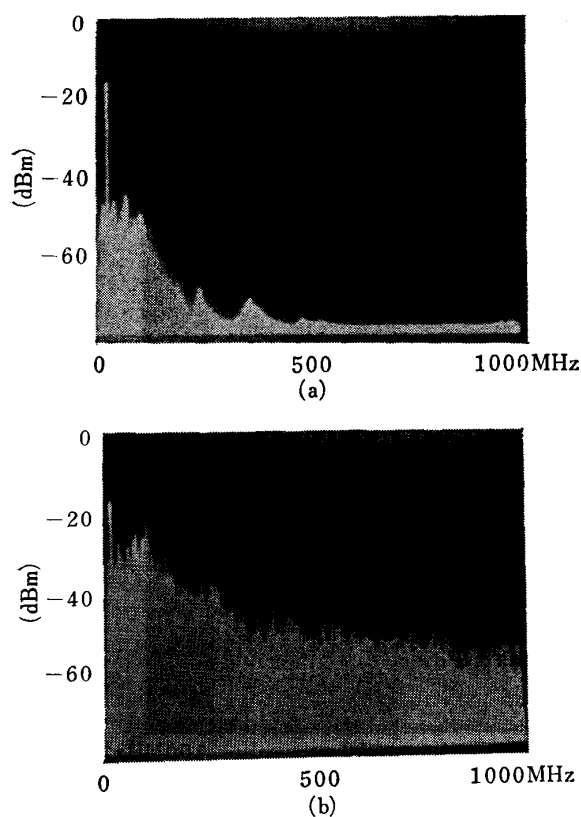


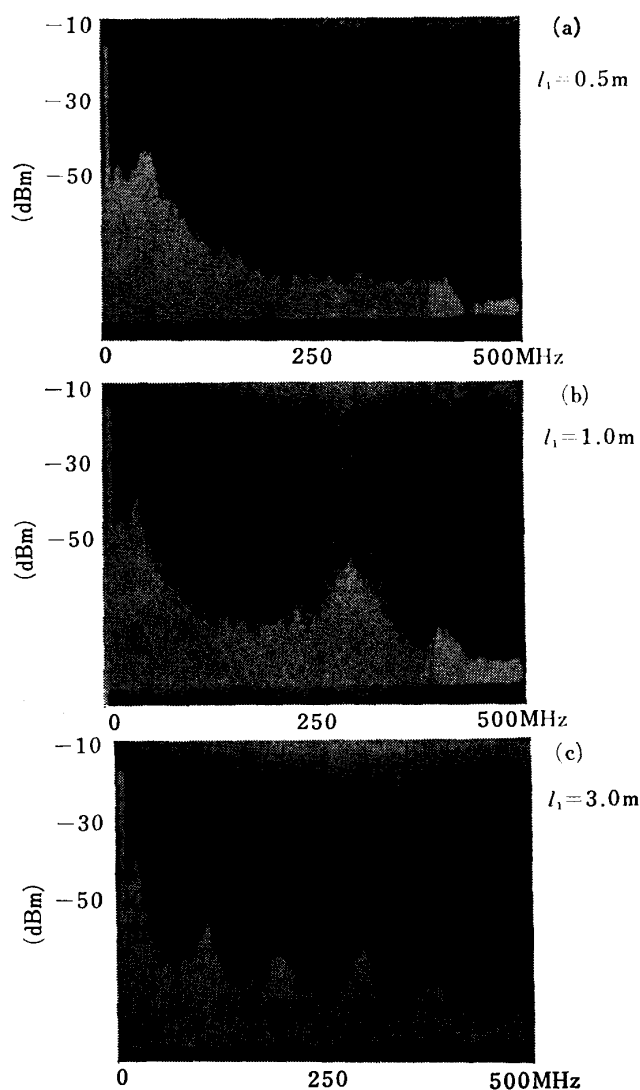
写真 5 雑音スペクトル

$V: 10 \text{ dB/div}$, $H: 100 \text{ MHz/div}$,

$B_w = 100 \text{ kHz}$, $B_p = 230 \text{ g}$.

(a) 負荷の種類: D, $N = 20000 \text{ rpm}$,
 $I = 6.3 \text{ A}$.

(b) 負荷なし, $N = 32500 \text{ rpm}$, $I = 1.8 \text{ A}$.

写真 6 導線長 (l_1) による雑音スペクトル変化

$V: 10 \text{ dB/div}$, $H: 50 \text{ MHz/div}$,

$B_w = 100 \text{ kHz}$, $B_p = 230 \text{ g}$,

負荷の種類: D, $N = 11000 \text{ rpm}$.

するという問題が生ずる。そのために、フィルタ等の取り付け場所の問題やシールドの問題等¹²⁾を解決しなければならなくなり、雑音問題はより複雑なものになる。このようなことを防ぐためにも経年変化によるブラシの接触安定度の悪化について、設計時において考慮すべきである。

3.4. 導線長による影響

導線長による雑音スペクトル変化の測定例として l_1 の結果を写真 6 に示す。図 5 には定在波の概観図を示す。

写真 6 より、同条件において雑音が発生したとしても雑音スペクトルの包絡線は、導線の長さにより大きく変化することがわかる。また、極大値が現れる周波数と導線長の相互関係を求めると、 l_1 を n 波長 ($n=1, 2, 3, \dots$) とする周波数においてそれぞれ極大値が現れる。例えば

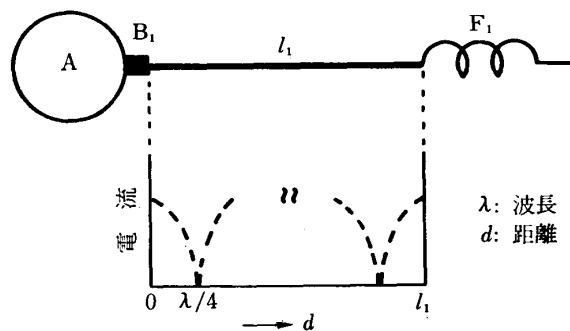


図 5 電流定在波

単相整流子電動機の伝導雑音（桜井勇良・嶺岸茂樹・安達竹之進・大森忠夫）

$l_1=3.0\text{ m}$ について見ると、 l_1 を 1 波長 (100 MHz), 2 波長 (200 MHz), 3 波長 (300 MHz) とする周波数に極大値が現れている。これは、一般的な事象から考えて、使用した導線が雑音電流の広帯域性により集中定数線路ではなく分布定数線路になってしまったためである^{13,14)}と考えられる。つまり、導線を一つの分布定数線路とした場合、その両端に接続される電機子あるいは界磁巻線の特異インピーダンスと線路の特異インピーダンスの大きさが異なると、その点において反射が生じ、線路上に定在波が存在することになる。そこで、定在波の有無を確認するために、スペクトラムアナライザのスキャンモードをゼロスキャンモードにし、掃引時間を適切に設定し、各導線長において現れる極大値を示す周波数成分の導線上における分布状態を確認した結果、図 5 に示すような電流定在波が得られた。尚、他の波腹、波節は各周波数の $1/2$ 長の間隔で現れていた。

図 5 に示すように、導線のブラシ端と界磁巻線端から測定周波数の $1/4$ 波長に相当する距離に電流定在波の波節が現れたことから、導線の両端では高周波的に短絡状態になることが明らかになった。ここでは、一例として l_1 について示したが、他の導線においても同様の結果が得られた。このように、雑音電流が伝搬する線路上における特異インピーダンスの不整合によりその点で反射が生じ、測定場所によって雑音スペクトルは異なってしまうので、雑音スペクトルの測定においては、測定場所を明らかにする必要がある。また、定在波が存在すると導線からの 2 次的な放射雑音が生ずるので、雑音の抑制、防止対策として、導線の長さは雑音の上限周波の波長よりも短くしなければならない。更に、このような問題は、線路定数も含め理論的に検討しなければ解決できないので、それについては今後の課題である。

4. む す び

人工雑音源として扱われている小型整流子電動機を取り上げて、実際の動作状態に近い形で、発生する雑音の発生機構とその伝搬機構を実験的に解明し、次のことを明らかにした。

1) 小型整流子電動機の発生する雑音は、回転する整流子とブラシの接触が離れる時に生ずる火花放電に起因し、周期的に発生する。また、発生する雑音のレベルは火花電圧の大きさに対応し、ブラシの接触安定度の良否に大きく影響される。

2) 界磁巻線は雑音電流の伝搬に対して大きな抑制作用を有する。

3) 雑音スペクトルの包絡線は、導線の長さおよび線路定数に大きく影響される。

更に、上記に基づく雑音の抑制、防止対策については次のことを提案した。

1) 発生機構からは、雑音発生に対して非常に大きな影響を及ぼしているブラシの接触安定度を良くするために、整流子電動機の設計時において影響を及ぼすと考えられるブラシ荷重、回転数等の因子を含めて、機械的および電気的要因を吟味することが先決である。

2) 伝搬機構からは、界磁巻線の雑音電流に対する抑制作用がより効果的に現れるように、界磁巻線の設計について EMC の観点から改めて検討する必要がある。

3) 導線からの 2 次的な放射雑音を防ぐためには、導線の長さはできる限り短くする（本実験では約 30 cm 以上にすると影響が現れた）ことが必要である。

今後の主な問題としては、雑音に対する電機子の影響の解明、界磁巻線の雑音電流に対する抑制作用の原因の解明、放射雑音の発生機構と伝搬機構の解明および EMC の観点からの小型整流子電動機の設計法の確立等が考えられる。

終りに有益なご討論ご助言をいただきました、東北大学佐藤利三郎教授ならびに同大高木相教授に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 杉原鉄夫：日経エレクトロニクス，295，(1982-7)，126-128.
- 2) 高木 相：計測と制御，18，12 (昭和 54，12)，1012.
- 3) 足立昭二：電子通信学会技術研究報告，EMCJ 80-84 (1981-2)，1-6.
- 4) 岡村万春夫：電子通信学会技術研究報告，EMCJ 82-42 (1982-10)，1-4.
- 5) 木下智之・安達竹之進・大森忠夫：昭和 55 年度電気関係学会東北支部連合大会，142.
- 6) 高村尚之・佐々木喜隆：NHK 技術月報，(昭和 40，10)，610.
- 7) 平塚 篤・富山勝己：電子通信学会技術研究報告，EMCJ 79-25 (1979-9)，19-24.
- 8) 坂本真一・鈴木 俊・藤井寛一：電子通信学会技術研究報告，EMCJ 78-7 (1978-5)，17-22.
- 9) 一木利信：電気用ブラシの理論と実際，(昭和 53，3)，74-79，コロナ社.
- 10) 内田英成・虫明康人：超短波空中線，(昭和 52，

相模工業大学紀要 第 17 卷 第 1 号

- 3), 18-21, 生産技術センター.
- 11) Dr. H. Schaffner: Electronic Engineering, 51, 631, (1979), 63-74.
- 12) H. M. Schlicke: IEEE, EMC-22, 1, (1980-2), 6-12.
- 13) 嶺岸茂樹・大森忠夫: 電子通信学会技術研究報告, EMCJ 79-27 (1979-10), 1-4.
- 14) 嶺岸茂樹・大森忠央・越後 宏・佐藤利三郎: 電子通信学会論文誌, J64B, No. 8 (昭和 56, 8), 870-874.