



| | |
|------------------|---|
| Title | 降雪時における通信線路雑音について |
| Author(s) | 黒部, 貞一; Kurobe, Teiichi; 福田, 長重 他 |
| Citation | 北海道大學工学部研究報告, 33, 1-13 |
| Issue Date | 1963-11-30 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/40717 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 33_1-14.pdf |



降雪時における通信線路雑音について

黒 部 貞 一
福 田 長 重

Communication Wire Noise at Snowfall

Teiichi KUROBE
Choju FUKUDA

Abstract

It is sometimes experienced at snow districts that the noise takes place on the communication wire at a heavy snowfall or a snowstorm in winter. It consists of two parts, one is the corona noise generated on the communication wire by the atmospheric electric field, the other is the discharge noise of a self-restoring lightning tube by the potential rise of the wire.

Authors studied on these noises experimentally, stretching the test wire at Hokkaido University. They verified that there are close relations between corona noise and the wire current and made clear various properties of the wire current. They compared the magnitude of the wire current about bare wire, PVC wire, rubber-covered wire and RD wire and made clear that RD wire has the smallest current. They showed the relation between the wire current and the weather from the weather data and their experiences.

The cause of the lightning tube noise is the rise of the wire potential, so they studied the relation between the wire current and the wire potential, and showed that the wire potential is proportional to the wire current. They made clear various properties of this noise. At last they showed the prevention methods of these noises.

目 次

| | |
|----------------------|----|
| 1. 緒 言 | 2 |
| 2. 裸線の線路電流と雑音 | 2 |
| 3. 通信線の種類と線路電流 | 5 |
| 4. 線路電流と気象との関係 | 6 |
| 5. 線路電位と線路電流 | 8 |
| 6. 通信線の雑音 | 10 |
| 7. 結 言 | 13 |

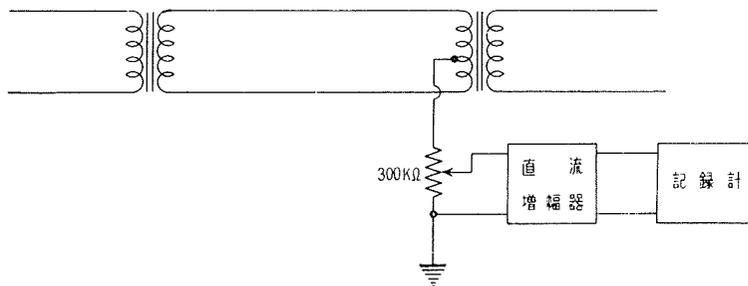
1. 緒 言

降雪地においては、冬期間、大雪の時または吹雪の時等に電話機に雑音妨害を与えることがしばしば経験されている。この問題は北海道を始め、東北地方、北陸地方、山陰地方等、わが国の積雪地帯において古くから経験されているものであるが、原因不明の雑音として取扱われ、殆んど自然回復になっているのが実状である。これらは多く裸線の市外線で生じ、受話機に劇しい雑音を発生したり、ある場合には磁石式交換機の加入者表示器を落下させたりする。

しかるにこの問題に関しては従来全く研究されておらず、その原因に就いても明らかにされていなかった。著者は北海道電気通信局の依頼を受けて、雑音の原因、雑音の種類、雑音と気象との関係等に就いて実験的研究を行なった。その結果雑音の種類には二種類あることが分った。その一つは空中電界によって電線の表面または尖端部から発生するコロナ雑音であり、他の一つは電線の電位の上昇による自復避雷管の放電に伴う雑音である。これらはいずれも雲の電荷および雪の空間電荷による空中電界の上昇が原因である¹⁾。これらの雑音の防止法としては、前者は電線の種類を変えることによりある程度減少させることができ、後者はレピータコイルの中点をアースまたは電線を高抵抗を通してアースすれば無くすることができる。

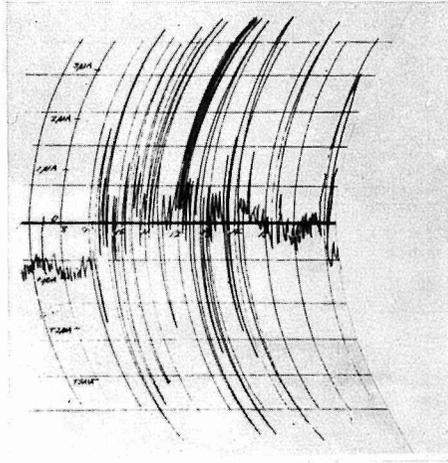
2. 裸線の線路電流と雑音

降雪時には電話機に雑音を発生することがあるが、同時に電線に変動性直流電流が流れる。いま第1図のごとくレピータコイルの中点を高抵抗を通してアースすれば、大雪の時あるいは吹雪の時等に直流電流が大地に流れ、これは絶えず時間的に変動する。そこで第1図のごとく直流増幅器でこれを増幅すれば、記録計に記録することができる。

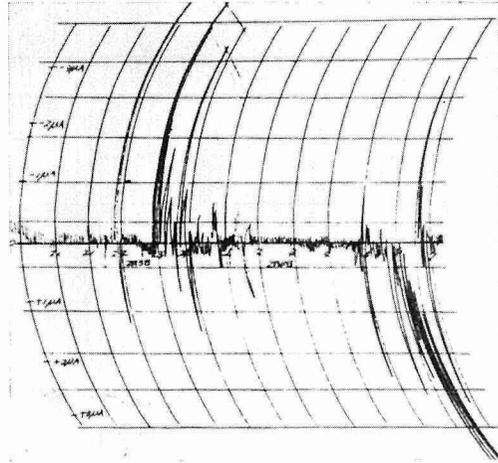


第1図 線路電流の測定法

この電流の時間的変動の様相を記録計で記録した例は第2図～第4図のごとくである。図において降水量として挙げた数値は当日の9時より翌日の9時までの全降水量である。これらの結果は次のように解釈することができる。上空の雪雲には多数の電荷があり、その電位は非常に高く、また雪雲と地上の間の空間には雪の電荷が多量に分布しているから、空中に大なる電界が生ずる。



第2図 線路電流の例 (a) 1月27日
吹雪 降水量 11.1 mm



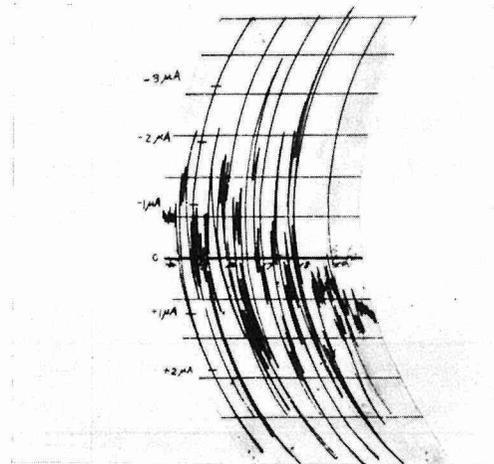
第3図 線路電流の例 (b) 2月3日~2月4日
俄雪 降水量 16.3 mm

しかして線路の表面またはスリーブやバンド線等の切り口のごとく、先端の尖っている部分では電界が特に強くなり、コロナ放電が発生してコロナ電流が流れるに至る。しかして雲の電荷は正の部分もあり、負の部分もあり、また空間の雪の電荷も正負ともにあつて、それが時々刻々変化している。この結果、地上の電界も絶えず変化し、正になったり負になったりして、図のような複雑な波形となる。

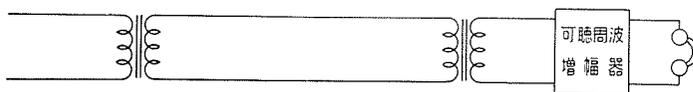
第2図~第4図の結果は試験用電線二対を直列に接続して測定したものであり、その試験用電線は北大応用電気研究所の前の10 mおよび7 mの木塔間に、直径2.9 mmの銅線二対を張ったものであり、そのスパンは12.4 mであった。

雑音が発生する時は必ず直流線路電流が流れるが、試験電線はスパンが12.4 mで短かいため、第5図(a)のような普通の電話回線の接続では、増幅器を接続しても雑音を聞くことはできなかった。そこで第5図(b)のように接続替えして受話器で聞いたところ、直流線路電流とともに雑音を認めることができた。雑音の大きさは線路電流にほぼ比例して増減した。それゆえ雑音は直流線路電流の変動によるものであることが分る。

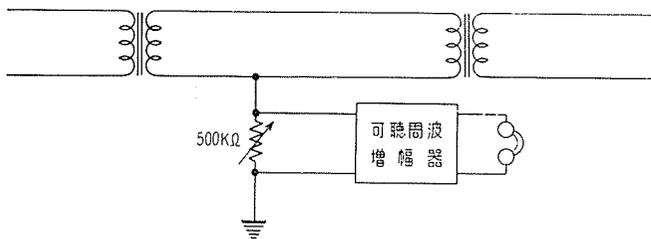
しかして線路電流が負の場合には雑音の発生は認められたが、正の場合には聞こえなかった。ただし正の線路電流とは線路からアースに向かって流れる電流を言う。なお、これは距離が



第4図 線路電流の例 (c) 3月5日
俄雪 降水量 25.6 mm



(a) 普通の方法



(b) この場合とつた方法

第5図 雑音測定法

12.4 m という極めて短距離の実験であるが、実際には電線の長さは 10 km 以上にもなる場合が多いので、第5図(a)のような回路においても発生するものと思われる。

次に線路が長くなった場合に如何なる効果があるかを実験するために、試験電線の二対の線を直列に接続した場合と、一対の線のみの場合とを瞬間的に切り換えて線路電流を測定した結果は第1表のごとくになった。これらの結果、線路長が2倍になれば線路電流は平均して約1.51倍になることが分った。実際には線路長が2倍になれば線路電流は2倍になるのが常識であるが、二対の線の不等性、測定における時間の遅れ、その他複雑な原因によるものと思われる。

第1表 線路長が2倍になった時の線路電流 (μA)

| | | | | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|------|-------|
| 二対の線を直列にした時 | +0.7 | -0.35 | -0.85 | +0.5 | +0.8 | +0.9 |
| 一対の線のみ | +0.5 | -0.38 | -0.5 | +0.4 | +0.5 | +0.55 |

これらの線路電流の発生原因は前記のごとく線路の中で特に尖っている部分、すなわちスリーブ、バインド線の尖った部分からコロナ放電が行なわれるのではないかと考えられるのでこれを確かめるためにスリーブのない一対の電線に就いては先の尖っている部分にポリスチロールを塗りその上からビニールテープを巻いてコロナを生じないようにし、スリーブのある他の一対の電線に就いては尖っている部分をそのままにして実験を行なった。その測定結果は第2表のごとくであった。ポリスチロール処理の線は0にならず、僅か減少したばかりであった。ゆえにコロナ発生の箇所は他の部分すなわち電線の表面からではないかと考えられる。

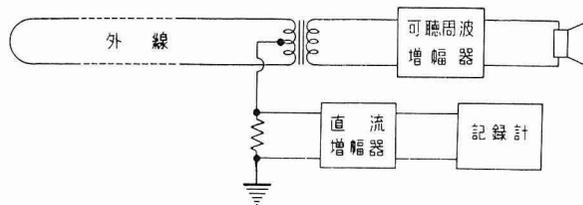
第2表 ポリスチロールおよびビニールテープの影響 (μA)

| | | |
|----------------|-------|-------|
| ポリスチロールを処理しない線 | -0.28 | +0.75 |
| ポリスチロールを処理した線 | -0.20 | +0.70 |

3. 通信線の種類と線路電流

降雪時線路雑音が発生する場合に線路に電流が流れることは前述のとおりである。この電流はその値が変りやすく、正になったり負になったりする。この電流には非常に変化の早い成分を含んでいるのであるが、その変化の早い部分を記録計で指示することはできない。これに可聴周波成分を含んでいれば雑音として聞こえるわけである。

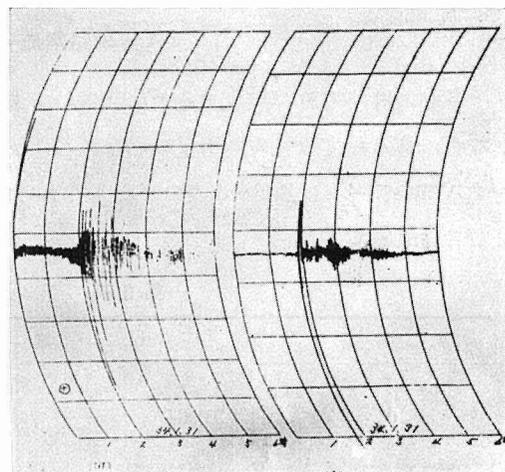
この線路電流は電線の種類によって発生に難易があり、また電流の大きさにも差がある。試験用電線としては北大工学部の前庭に、高さ 9.5 m の電柱を 40 m の間隔に 2 本立て、これに 5 種類の電線を張った。すなわち 2 mm 硬銅線、PVC 屋外線、屋外ゴム線、RD 線 2 種 (1 つは他の電線と同じように電柱の頂きから 20 cm 下に張ったものであり、他はそれより更に 80 cm 下に張ったもの) である。



第 6 図 測定装置

電線の一端はループを作り、他端は測定装置に接続した。測定側は第 6 図のように外線とレピータコイルを接続し、一次側の midpoint を高抵抗を通してアースした。この抵抗の両端の電圧を直流増幅器で増幅して、その出力を記録計で記録した。一方、レピータコイルの二次側には可聴周波増幅器を接続し、その出力をスピーカーで聞いた。この装置を二組備え、一組は裸線とし、他の一組はその他の電線とし、切り換えて実験を行なった。

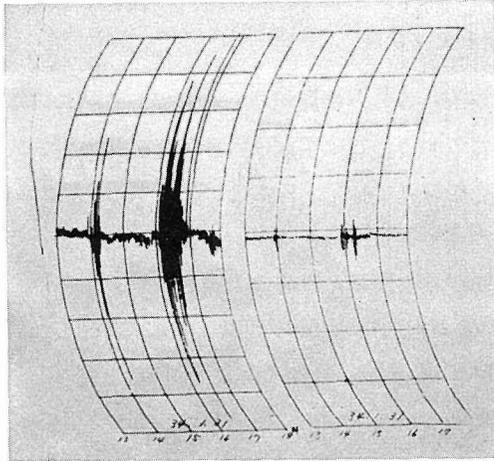
線路電流の例は第 7~9 図のごとくであり、各図はそれぞれその時の裸線とその他の線との関係を示している。一般に裸線は最も線路電流が発生しやすく、またその大きさも大きい。PVC 線とゴム線とはほぼ同程度で裸線の 60~80% であるが、PVC 線の方がやや大きい。RD 線は最も少なく裸線の 20% 程度であった。また RD 線の上に張ったものと下に張ったものとは殆んど変りなかった。



第 7 図 線路電流の比較 (a)

左図：裸線 右図：PVC 線

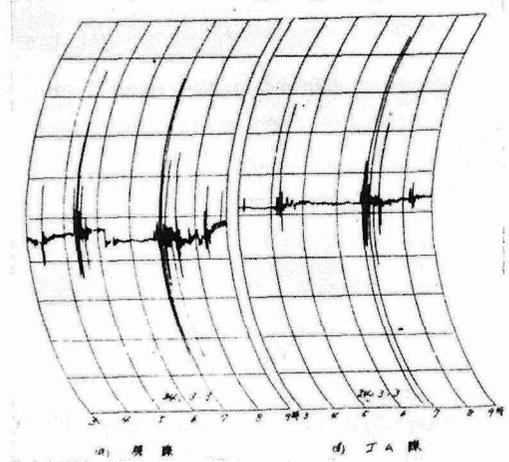
1 月 31 日 俄雪 降水量 2.8 mm



第8図 線路電流の比較 (b)

左図：裸線 右図：RD線

1月31日 俄雪 降水量2.8mm



第9図 路電流の比較 (c)

左図：裸線 右図：ゴム線

3月3日 俄雪 降水量0.1mm

一般に裸線と被覆線とを高い電界中においた時電線の表面からコロナを発生するが、電線の直径が等しい時は裸線の方がコロナを発生しやすい。上の実験結果において、PVC線およびゴム線が裸線より線路電流が少ないことはこのことを物語っている。RD線の場合には特に線路電流が少ないが、これは鋼心のまわりに二対の電線が螺旋状に巻いてあるので見かけ上電線が太くなってコロナが発生しにくくなったのではなかろうか。

このように種々の線路電流が流れたが、実際に雑音として耳に聞くことはできなかった。これは第5図(b)のような測定回路でなかったこと、線路電流の可聴周波部分が非常に少ないこと、非常に大雪、吹雪等がなかったこと等のためであろう。

4. 線路電流と気象との関係

一般に線路電流が発生するのは降雪時であるが、雪が降った時に必ず線路電流があるわけではなく、ある程度以上の降雪量の場合にしか流れない。線路電流(第2~4図, 第7~9図)に対する気象データは第3~8表のごとくであった。ただし天候および降水量は前に記したのでここでは省略する。

第3表 第2図の気象データ

| 時間(時) | 気圧(mb) | 気温(°C) | 風速(m/s) | 雲量 |
|-------|--------|--------|---------|----|
| 8 | | -3.2 | 8.4 | 10 |
| 10 | 1006.0 | -3.8 | 10.1 | " |
| 12 | | -5.0 | 9.1 | " |
| 14 | 1010.5 | -4.9 | 10.3 | " |
| 16 | | -5.3 | 6.9 | " |
| 18 | 1018.0 | -6.4 | 5.2 | " |

第4表 第3図の気象データ

| 時 間 (時) | 気 圧 (mb) | 気 温 (°C) | 風 速 (m/s) | 雲 量 |
|---------|----------|----------|-----------|-----|
| 2月3日 21 | 1009.6 | -0.1 | 3.0 | 10 |
| 23 | | -0.2 | 1.5 | " |
| 2月4日 1 | | -1.7 | 0.9 | " |
| 3 | 1011.0 | -1.7 | 0.2 | " |
| 5 | | -1.6 | 0.4 | " |
| 7 | | -1.3 | 2.4 | " |

第5表 第4図の気象データ

| 時 間 (時) | 気 圧 (mb) | 気 温 (°C) | 風 速 (m/s) | 雲 量 |
|---------|----------|----------|-----------|-----|
| 12 | | -4.7 | 3.3 | 10 |
| 14 | 1007.8 | -5.1 | 3.3 | " |
| 16 | | -5.4 | 1.3 | " |
| 18 | 1009.8 | -5.9 | 1.3 | " |
| 20 | | -5.5 | 2.8 | " |

第6表 第7表の気象データ

| 時 間 (時) | 気 圧 (mb) | 気 温 (°C) | 風 速 (m/s) | 雲 量 |
|---------|----------|----------|-----------|-----|
| 1 | 987.3 | -1.4 | 4.4 | 10 |
| 3 | 992.9 | -3.7 | 12.5 | " |
| 5 | 998.6 | -5.2 | 10.5 | " |

第7表 第8図の気象データ

| 時 間 (時) | 気 圧 (mb) | 気 温 (°C) | 風 速 (m/s) | 雲 量 |
|---------|----------|----------|-----------|-----|
| 14 | 1010.1 | -4.9 | 3.6 | 10 |
| 16 | 1012.3 | -5.2 | 6.7 | " |
| 18 | 1013.8 | -5.8 | 6.5 | " |

第8表 第9図の気象データ

| 時 間 (時) | 気 圧 (mb) | 気 温 (°C) | 風 速 (m/s) | 雲 量 |
|---------|----------|----------|-----------|-----|
| 4 | 1004.9 | -0.8 | 2.6 | 10 |
| 6 | 1006.6 | +0.4 | 5.9 | 8 |
| 8 | 1009.8 | +0.3 | 8.2 | 10 |

これらの結果ならびに従来の測定結果から次のような結論を導いた。

1. 線路電流は大抵低気圧の時に発生するが、低気圧そのものと線路電流が関係があるわけではなく、低気圧の場合は天候が悪く、雲あるいは雪に電荷を帯びやすいようである。また低気圧のため雲量が大であり、降雪量も多いからであろう。
2. 気温、風速等の関係は明らかでないが、直接に関係は無いようである。ただ余り低温

の日は線路電流は無く、大体 -5°C 以上のものである。

3. 雲量は殆んどの場合 10 であり、電荷を帯びた雲が大きく影響していることがわかる。
4. 大雪の場合、吹雪の場合、俄雪の場合等には殆んど発生した。
5. 雪の性質との直接の関係は明らかでないが、粒子の細かい雪が静かに降っている時は発生しにくく、大粒の雪の場合は発生しやすいようである。
6. 小雪の場合は発生しなかった。
7. 降雪量の瞬時値と線路電流量は必ずしも比例せず、雪の降る少し前から線路電流が発生することがある。
8. 降雪の合間で全く雪の無い場合でも線路電流の流れることがある。
9. 山岳地方は地上に比べ降雪回数および降雪量が遙かに多く、それに相応して線路電流を発生することも多い。

従来、一部の人達によって、降雪時の雑音の原因は雪の電荷が電線に衝突する時の放電現象によるものであると言われていたが、上記の 7 および 8 よりそれが間違いであることがわかる。

また、雪の電荷が電線に近づく時の誘導電流によるものとも考えられたが、40 m 程度の長さの電線にマイクロアンペア程度の電流が流れることは計算の結果と合わず、電線上の何処かで放電が行なわれていない限りこの程度の電流は流れない。

また、夜間実験の際、電線の尖端からコロナが発生しているのを見たことがあり、更にニセコにおいては電線全体からコロナの青い火が発生しているのを見た人もある。これらの結果からも線路電流の原因はコロナ放電によるものであると解釈される。

5. 線路電位と線路電流

通信線の雑音の重要な原因の他の一つは電線の電位が上昇して自復避雷管が放電することである。しかしこの線路電位と既に詳細に述べた線路電流との間には密接な関係があり、ここではこれに就いて述べる。

線路を大地から浮かすならば、線路電流が流れるような時は線路の電位が上昇する。この原因は線路電流の場合と同じように考えられる。すなわち雲の電荷や雪の空間電荷によって空中に電界ができるためであり、電線はこの空中電位の静電誘導によって、ある電位に達するものである。ゆえに空中電位の高い程、線路電位も高くなる。

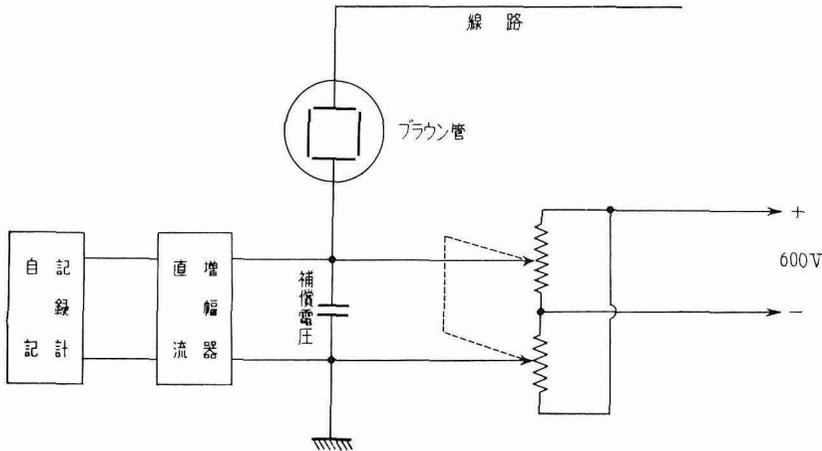
この線路電位と線路電流は何れも空中電位が原因であるが、線路電流がコロナ電流によるのに対し、線路電位は空中電位の誘導作用であるという点で非常に相違している。

従って線路電位と線路電流がどういう関係で変化するかが問題である。しかし線路電位の測定には仲々難かしい点がある。何故ならば電線と大地間に高抵抗と電流計を直列に接続した電圧計で測定すると、実際の電位とは非常に違った値になる。真空管電圧計のような内部抵

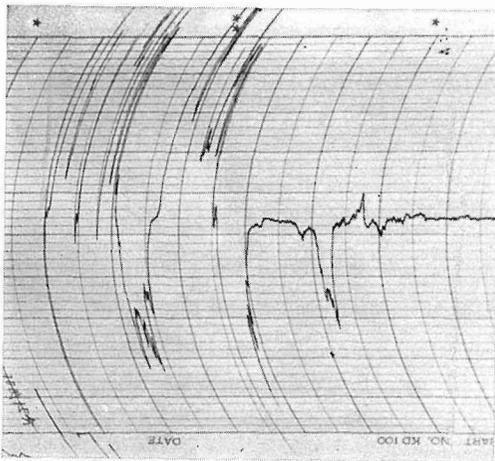
抗の非常に高いもの (10 MΩ 程度) でも真の値の 1/10 程度にしかならなかった。

この理由は線路大地間の電流は線路大地間の抵抗の値に殆んど無関係な定電流であるからである。すなわち線路電流の電源は内部抵抗が無限大に近いものである。従って線路電位を測る時には内部抵抗の無限大の計器で測らなければならぬ。換言すれば電流を流さないで測らなければならぬ。

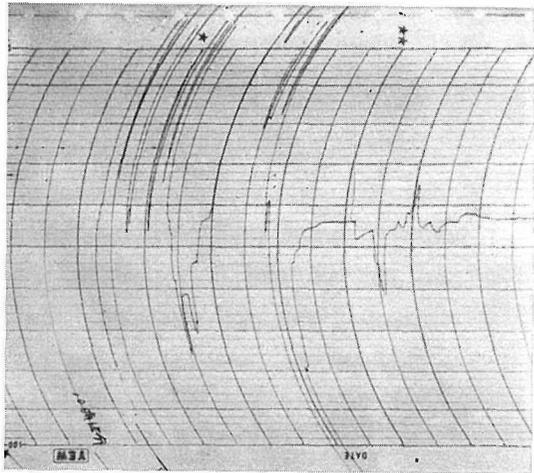
著者はこの目的のために第 10 図に示すような測定方法を考案した。すなわちブラウン管の一組の偏向板に測るべき線路電圧と補償電圧を加え、ブラウン管のスポットが常に中心にくるように補償電圧の値を加減した。この時線路電位は補償電圧に等しい。このようにすれば電子ビームは直進するから、電子ビームの一部が偏向板に吸収されて漏洩することなく、偏向板間のインピーダンスは殆んど無限大と考えてよいだろう。



第 10 図 線路電位の測定法



第 11 図(a) 線路電流の例



第 11 図(b) 線路電位の例

平行に張られた二本の裸線について、1本はアースして線路電流を、他の1本はアースせずに線路電位を同時に測定して両者を比較した。その結果、両者は全く同様に变化した。線路電流の変化は直流増幅器を通して自記記録計に描かせ、また線路電位はブラウン管のスポットが常に中心にくるように補償電圧を加減し、その変化を自記記録計に描かせた。その一例は第11図(a)、(b)のとおりで、全く同様の变化をしていることがわかる。ただし(a)図は線路電流、(b)図は線路電位である。線路電位の図の方がやや滑らかになっているのは手動で加減したためである。

この結果、線路電位が上昇するような時はコロナを発生し、コロナ電流の平均値と線路電位とが比例することが確かめられた。従って前述の線路電流の変化は同時に線路電位の変化を表わしていることになる。

大雪の時は罫子に雪が附着して、しかも雪で蔽われることがある。そのような時は電線と腕木が橋絡して、電線大地間の絶縁抵抗が非常に下ることがある。特に従来の小形二重罫子では絶縁の下ることが多い。このような時は電線の電位は殆んど大地電位にまで下ってしまうので、避雷管が放電することはない。小形二重罫子の代りに試作品のプラスチック罫子を用いた時は絶縁低下の現象はなく、電位は高い値のままであった。実際の線路では罫子の数も非常に多いから、絶縁低下が相当におこるものと思われる。

6. 通信線の雑音

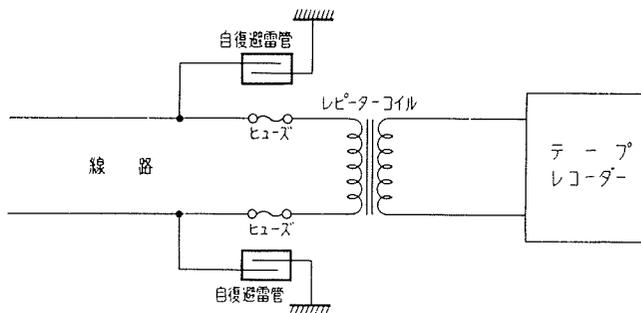
実際の市外裸線路においては、大雪の時または吹雪の時等には雑音妨害で悩まされることがある。その雑音には二種類ある。第一の雑音は線路電流に伴うものである。一般に線路は大地から絶縁されているので、0電位ではなく、降雪時には前述のようにかなり高い電位になる。その値は大きい時で数百～千数百ボルト程度のものである。それに対してその点の空中電位は電線の高さによっても異なるが、数千～数万ボルトにも達する。そこで電線の表面には電線と空中との間の電位差によって大きな電界を生じ、コロナを発生するに至る。コロナ電流波形はパルス状の鋸歯状波であり¹⁾、その平値値が直流の線路電流となって現れ、その可聴周波成分が雑音となって現れるものである。一般に低周波成分は少なく、この雑音のレベルは低い。

線路の一端を接地した時は線路は0電位になり、空中との間に大きな電位差を生じ、電線表面からコロナを発生することは、線路を大地から浮かした時と同様である。線路を大地から浮かした時は0電位ではなく、もっと高い電位になるが、空中電位の方が遙かに高いので、空中と線路との電位差は線路を接地した時も接地しない時も大差ないものとなり、同様の現象が生ずる。

北大工学部の前庭に、高さ9.5mの電柱を40mの間隔に2本立てて実験を行なった結果では、この種の雑音は生じなかった。しかし実際の市外回線では発生することがある。この相違

は線路の長さが非常に異なるためであろう。線路が非常に長い場合は雑音発生箇所が非常に多く、それらが重畳するために雑音として耳に聞こえるのであろう。この場合は直流の線路電流がミリアンペア (mA) のオーダーであるのに対し、試験電線の場合はマイクロアンペア (μA) のオーダーである。

第二の雑音は自復避雷管の放電に伴うものである。線路に自復避雷管を接続してある時には、線路電位が上昇し自復避雷管が放電を行なって雑音を発生する。大雪の時または吹雪の時には線路電流が増大するが、前述のように線路が大地から浮いている時は線路電位も上昇する。実験は第 12 図のように自復避雷管を線路と大地間に並列に接続し、雑音出力をテープレコーダで録音した。自復避雷管の放電電圧は約 300 V である。



第 12 図 避雷管の放電雑音の測定法

かなり降雪の激しい時は線路電位は 300 V に達し、避雷管は放電する。この時「ポッ」という雑音を発生する。放電した時線路電位はほぼ大地電位にまで下るが、空中電位が高い状態にあるので、線路が直ちに充電されて電位が上がる。再び 300 V に達すると放電して、また雑音を発生する。このように放電と充電をくり返して「ポッポッ」という断続雑音を発生する。

空中電位が非常に高い時は、それに相応して線路電位も高くなり、避雷管の無い時は 300 V 以上になる。空中電位が高ければ高い程、避雷管が放電してから線路が元の電位に上るまでの時間は早い。従って空中電位の高い時程、雑音の「ポッポッ」という周期が早くなり、終に連続的な雑音にまでなる。なお実験の結果によると、このように周期の早い放電雑音が発生した後では、避雷管の放電電圧は 450~500 V に上昇した。

しかしこのような連続的な雑音を発生することは少なく、北大における実験の例では 1 カ月に一度位の頻度であった。しかし単に避雷管が放電するだけであるなら、かなりの発生回数があった。

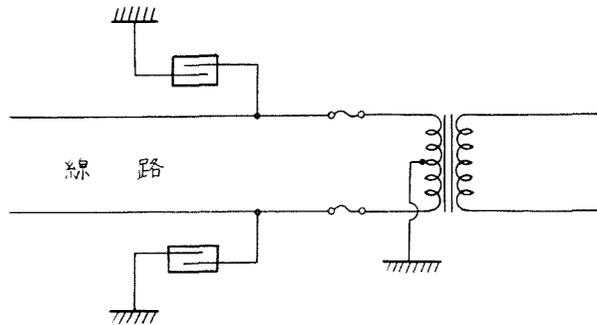
この放電に伴う雑音レベルは線路電流に伴う雑音に比べ遙かに高く、通話は完全にマスクされてしまう。従ってこの避雷管の雑音を防止することが実用上特に重要な問題と思われる。

この種の雑音は市外線によって発生する回線と発生しない回線とがある。発生しやすい回

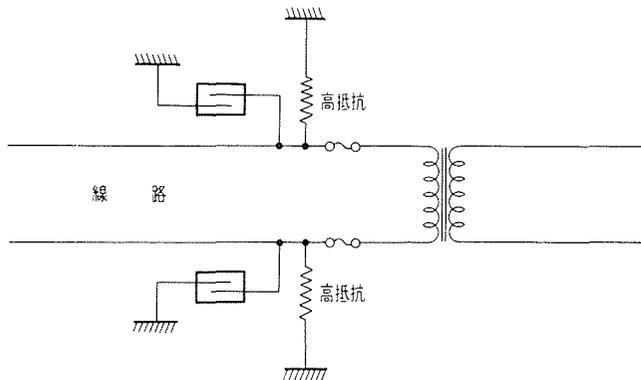
線の多くは、周囲に家や木などのない風の吹きさらしの原野等である。このような所では、大雪の時でも碍子が雪に蔽われて電線と腕木が橋絡するようなことがない。すなわち風によって碍子の雪が吹き飛ばされてしまうらしい。もし雪が碍子を蔽い、電線と腕木が橋絡するなら、電線の電荷は絶えず大地にリークして、電線の電位は殆んど上昇しない。その結果避雷管は放電せず雑音を発生しない。しかしこのような時は線路電流によるコロナ雑音を発生する可能性がある。

次にこれらの雑音の防止法について述べる。線路電流に伴う雑音は防止法が非常に難しく、結局電線として線路電流の流れにくいものを選ぶのがよいと思う。実験結果によると、RD線は非常に線路電流が少ないので裸線の代りにRD線を用いれば、ほぼこの種の雑音は防止できるであろう。

また避雷管の放電に伴う雑音は電線の電位が上らないようにしてやればよい。その方法としては第13図(a)のようにレピータコイルの線路側巻線の midpoint を接地するか、(b)図のように避雷管と並列に $1\text{ M}\Omega$ 程度の高抵抗を接続すればよい。(a)図の場合は電線は常に大地電位であるし、(b)図の場合も電線の電位は大地電位より余り高くなり、避雷管は全く放電しない。なお実験室においては $1\text{ M}\Omega$ でよかったが、実際の線路では線路電流が数 mA にも達すること



第13図(a) 放電雑音防止法(その1)



第13図(b) 放電雑音防止法(その二)

があり、この時は 100 K Ω 以下にしなければならぬだろう。

7. 結 言

降雪時には通信線路に雑音を発生することがしばしばあるが、これには二種類あり、一つは空中電界によって電線に発生するコロナ雑音であり、他は電線の電位の上昇による自復避雷管の放電雑音である。

著者は北大応用電気研究所ならびに工学部の前に試験電線を張って実験的研究を行なった。コロナ雑音に関しては、これと線路電流とが密接な関係のあることを明らかにし、線路電流の諸性質を明らかにした。また裸線、PVC 線、ゴム線、RD 線の四種について線路電流の大きさを比較し、RD 線が最も少ないことを明らかにした。また線路電流と気象との関係について、気象のデータならびに今までの経験から結論を導いた。

自復避雷管の雑音に関しては、線路電位の上昇が原因であるので、線路電位と線路電流の関係を求め、両者が全く比例することを明らかにした。またこの雑音の諸性質を明らかにした。最後にこれら雑音の防止法について述べた。

終りに本研究に関し御援助を預いた北海道電気通信局に深謝する。

文 献

- 1) 浅見, 黒部, 西辻: 北大工学部研究報告, 18号 (昭 33. 5).