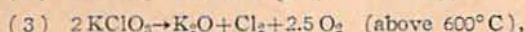
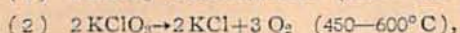
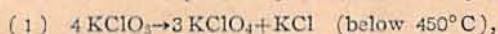


Decomposition of Potassium Chlorate (Part I)

Sukenori Yamamoto and Tetsuo Asaba

The chief decomposition processes of KClO_3 depend upon the reaction temperatures,



Further at lower temperatures the following side-reaction may occur.



The results of our experiment were compared with previous works and led us to the conclusion that:

- i) at a low temperature of 420°C the decomposition of KClO_3 is promoted by KClO_4 and obstructed by KCl , so the both reactions (1) and (4) occur at the same time,
- ii) at an intermediate temperature of 560°C , both reactions (1) and (2) occur, and iii) at a high temperature of 670°C both reactions (2) and (3) proceed rapidly at the similar rate.

(Lab. of Explosives, University of Tokyo)

電 気 雷 管 に 関 す る 研 究

第四報 交流による電気雷管の直列齊発について

(昭和25年10月15日受理)

岡 崎 一 正

(東京大学第一工学部火薬学教室)

I 緒 言

電気雷管の直列齊発に交流を用いるとき齊発限界(不発生否の限界)はその実効値のみならず点火回路閉成時の、厳密には連結した最鋭、即ち電橋切断時間最小の電気雷管の点火薬が発火した瞬時の位相角にも支配される。従つて50サイクル又は60サイクルの交流では直流や性能の良い発火器の脈流によるよりも齊発が不確実になると考えられ、又実際にも不発が多く出ると言われている。

直流の場合には電気雷管の点火時間、点爆時間、或は電橋切断時間等が測定され、ば直列齊発の最小限界電流が推定され、又此の推定値に基いて或電圧の直流電源で不発なく齊発し得る最大直列連結数を比較的容易に実験によつて求めることが出来る。然るに交流では上記の如く位相角が関係するので齊発限界を実験的に見出すことは容易でない。

直流及び交流による直列齊発の問題は既に種々の方

面から検討され、Fritzsche及びGiesa¹⁾は直流及び交流での齊発実験により夫々に於ける限界電流を比較し、交流についてはその実効値と位相角とに対する不発生起領域を求め、Drekopf²⁾の理論式から計算した結果を吟味している。更にDrekopf³⁾は電橋中央部に於ける熱損失を考慮して理論を進めている。又Drekopf⁴⁾及びBehrens⁵⁾は点火力積、又は点火力積と点爆時間とを変数として不発生起の確率について論じ、交流では齊発に最適の条件を満たす位相角で流通する以外は直流によるよりも常に不発生起の確率が大きいことを示している。併しいずれにしても実験に用いた試料や理論式からの計算例に引用したものは電橋が短く、その材質は比抵抗大でその温度係数が小さいニクロム系合金であり、点爆時間が極めて短い点火玉式電気雷管であるために我国従来の綿薬を点火薬とする電気雷管に対してはその理論や実験の結果を直ちに適用することが出来ない。そこで点火薬が綿薬で点爆時間とそ

の各個差と共に大なる電気雷管に対して位相角による影響がどの程度に現われるかを確かめるために交流による直列斉発の実験を試み若干の考察を行つた。

II 実験方法

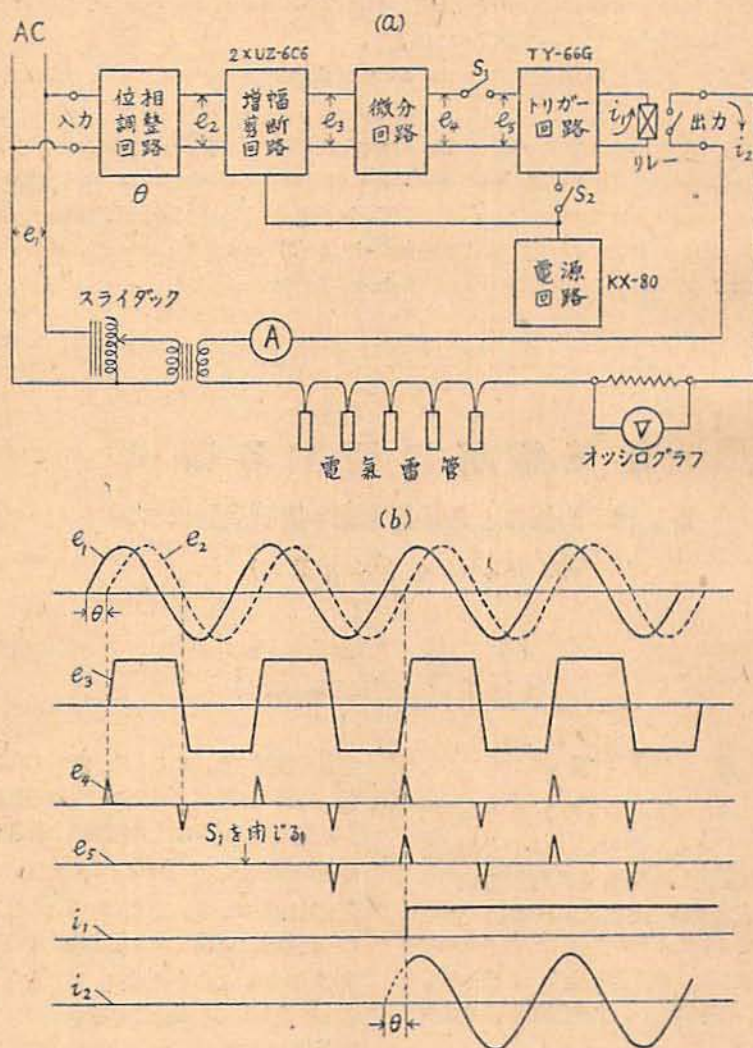
最鋭電気雷管の点火薬が発火する時の位相角を予め

正確に調整することは出来ないで点火回路を閉じる時の位相角を任意に調整して実験を行つた。

上記 Fritzsche 及び Giesa の実験では交流の位相調整に同期電動機を用いているが筆者は図1の如き調整装置によつた。同図 (a) は装置の概要で、(b) は位相調整が行われる状況の解説図である。

図

1



位相調整回路により入力電圧 e_1 を任意に位相差 θ を有する電圧 e_2 に変え、増幅断回路で矩形波 e_3 とし、これを微分回路で e_4 で示したパルスとして取出し、 S_1 を閉じるとこのパルスによつてトリガー回路のサイクロン (TY-66 G) に放電流 i_1 が流れてリレーが働き電気雷管の点火回路に電流 i_2 が流れ始める。 i_2 の強さはスライダックで加減した。又この

回路にオシログラフを入れて流通電流の波形を撮影すると共に電機切断時間を測定した。

III 実験結果及び考察

抵抗が約 $1.4 \pm 0.1 \Omega$ の試料を5個宛連結し、抵抗 1.5Ω の母線を介して発火させた結果を表1に纏めた。但し i_e , i_m は夫々流通電流の実効値及び最高値で、 θ_0

θ_0	電橋切 断時間 (ms)	表 不発 個数	1	θ_0	電橋切 断時間 (ms)	不発 個数
$(\frac{\pi}{10})$			$(\frac{\pi}{10})$			
$i_c = 0.6A (i_m = 0.85A)$						
0	41.0	0	5	44.0	0	
0	41.0	0	7	40.8	1	
0	48.0	0	7	39.8	1	
0	47.0	0	7	38.7	0	
1	46.0	0	7	42.0	0	
1	44.0	0	7	39.7	0	
1	46.0	0	7	48.0	0	
2	43.0	0	7	47.0	0	
4	38.7	0	8	40.0	1	
4	39.5	1	8	36.7	2	
4	37.5	0	8	49.0	0	
4	43.5	0	8	40.0	0	
5	35.0	0	8	42.0	0	
5	39.2	0	9	39.0	1	
5	40.8	0	9	35.0	0	
5	46.0	0	9	49.5	0	
5	61.5	0				
$i_c = 0.8A (i_m = 1.13A)$						
0	28.7	0	6	25.6	0	
4	23.5	0	6	24.0	0	
5	24.6	0	8	29.1	0	
5	27.5	0	8	25.0	0	
$i_c = 1.5A (i_m = 2.12A)$						
3	5.0	0	5	10.5	0	
3	5.0	0	8	9.2	0	
3	5.0	0	8	10.3	0	
4	5.0	0	8	7.8	0	
4	4.0	0				
$i_c = 5A (i_m = 7.08A)$						
5	0.85	0	8	4.2	0	
5	0.76	0	9	3.4	0	
8	4.3	0				
$i_c = 10A (i_m = 14.14A)$						
1.5	0.53	0	5	0.27	0	
1.5	0.50	0	5	0.25	0	
1.5	0.48	0	6	0.37	0	
5	0.24	0	6	0.39	0	
5	0.23	0	7	0.53	0	
5	0.16	0	7	0.76	0	
5	0.22	0	8.5	2.85	0	
5	0.25	0				

は流通開始時の位相角でその数値は電流を正弦波形と

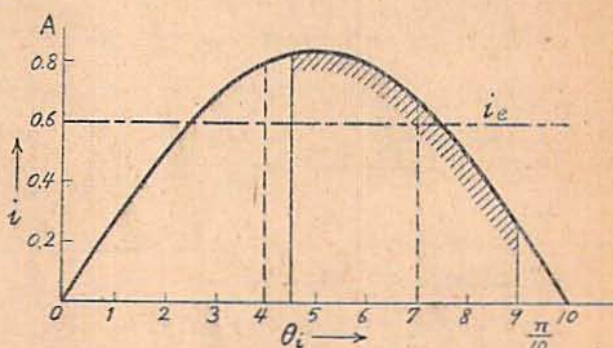
して半周期についてとり、 $\frac{\pi}{10}$ の単位で表わしたもの

である。表に示した如く実効値が0.6Aでは若干の不発を生じ、0.8A以上では生じなかつた。齊発の上限界を求めんとして i_c を10A迄上げても電流の最高値附近で多く試みたが不発は出なかつた。流通電流を増大するに従い電橋切断時間に対する θ_0 の影響が漸次に著しく現われている。 i_c が10Aでは電流の最高値は14A以上にも及び電橋切断時間は極めて短く、その測定に用いたバイブレーターの固有振動周期以内に入る可能性があるため測定値は甚だ不正確である。

0.6Aで不発生起と θ_0 との関係を見るに後者による影響が判然と現われていない。0.6Aでは電橋切断時間が長く従つて点火時間もその各個差も共に大なるものと考えられ、 θ_0 と最鋭電気雷管の点火薬発火時の位相角 θ_i とは殆んど関連性がなく、このような場合には前者が不発生起にあまり関与しないことは当然である。

θ_0 と電橋切断時間とから θ_i を推定するためには最鋭電気雷管の点爆時間を推定する必要がある。このことは点爆時間のばらつきが大なるこの種電気雷管については至難であるが、筆者が前報で報告した如くこの種電気雷管についての点爆時間の測定値は平均約9msであつたので頗る大雑把であるが一応最鋭電気雷管の点爆時間を9msと仮定して θ_i を想定し、この θ_i と不発生起との関係を求めて見ると、図2に示す如くなる。同図の電流曲線に斜影を施した部分が不発生起領域である。

図 2



一般に不発の生否は電気雷管各個の点火時間差、従つて点火力積差及び最鋭電気雷管の点爆時間に支配され、最鋭電気雷管の点火薬が発火してから点爆によりその電橋が切断され電流が遮断される迄に与えられる点火力積が最鋭、最鈍の点火力積差以下であれば不発を生ずるものと考えられる。最鋭電気雷管の点爆時間 τ 内に他の電気雷管に追加される電流力積は最鋭電気

雷管の点火薬発火時を原点にとれば $\int_0^{\tau} i dt$

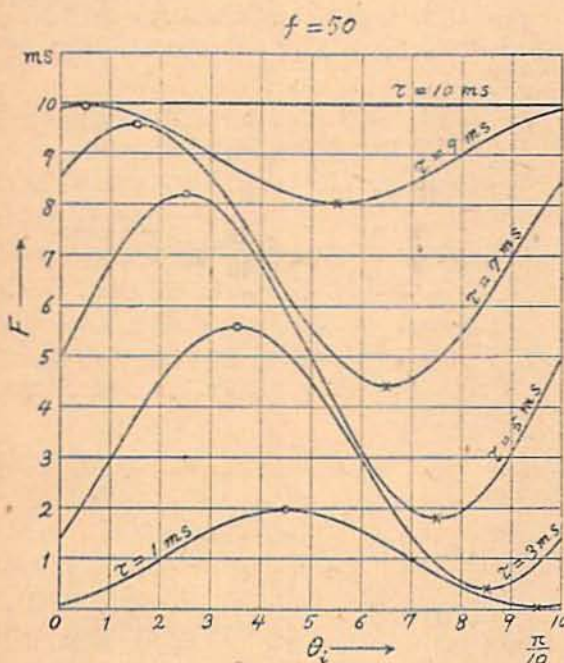
であり、周波数 f なる交流の場合には

$$\begin{aligned} \int_0^{\tau} i^2 dt &= \int_0^{\tau} i_m^2 \sin^2 (2\pi f t + \theta_i) dt \\ &= i_m^2 \left\{ \tau - \frac{1}{2\pi f} \sin 2\pi f \tau \cdot \cos (2\pi f \tau + 2\theta_i) \right\} \\ &= i_m^2 F(f, \tau, \theta_i) \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

即ち電流実効値の自乗に周波数と点燃時間と位相角との函数を乗じたものとなる。

(1) 式から 50 サイクルの交流について種々の τ の値に対し θ_i と函数 F との関係を求めて図示すれば図3の如くである。 τ が 10 ms、即ち交流の半周期に互るときは F が θ_i の如何によらず一定であるのは当然である。

図 3



i_e が 0.6 A のとき、 τ を 9 ms とし、最鋭、最鈍の点火力積差を 3 mWs/g と仮定すれば図3から θ_i が略々 $4-7 \times \frac{\pi}{10}$ の範囲内では不発を生ずることになる。即ち図2に於て両点線内の部分が不発生起領域となる。曩に実験結果から求めた不発生起領域と図3から算出したそれとに若干のずれがあるが、これは最鋭電氣雷管の点燃時間を一律に 9 ms と仮定したこと無理があり、試料の点燃時間は前報の結果からも数 ms から 10 数 ms の広範囲にばらついているものと見做すべきであるので前記の方法で求めた θ_i は的確なものではなく、又図3からの計算で $\tau=9$ ms の曲線のみによつたことにも矛盾がある。更に仮定した最鋭、

最鈍の点火力積差は凡その値であり、交流の場合にはこれが θ_i によつて多少影響を受けるであろうことが考えられる。

以上の考察では実効値を一定と見做して来たがこれは直流のときと同様に電極の抵抗増大に伴い減少し、前記の実験条件では流通開始時の実効値が 0.6 A であつても点火火薬の発火後は 0.5 A 以下に下ることがオシシログラムから認められる。

かくの如く種々の因子の干渉を受けて不発生起領域を定めることは甚だ困難であるが図2及び図3から実験的にも理論的にも電流瞬時値の絶対値の減少過程で最鋭電氣雷管の点火火薬が発火したときに不発を生じ易いことが分る。

(1) 式から θ_i に対する F の変化割合は f と τ との値により多数の極大値及び極小値が存在するが、總体的に見て f 及び τ が大になるほど小さいことが現われる。即ち周波数が大なるほど交点燃時間が大なるほど直列齊発に対し位相角の影響が減少することになる。

電流が強く電極の焼断が点燃切断に先行する場合には点燃時間の代りに点火後焼断迄の時間を τ としても、この時間は各個差が大なる上に θ_i にも支配されるので、このような場合には(1)式を適用することは出来ない。この限界は直流で行つたと同様に空雷管試料の電極切断時間と電氣雷管のそれとを比較することにより求められるが、ここでも亦 θ_i の因子が介入するものと考えられる。併し実際には直流の場合と大差なく実効値が 0.8 A 以上では殆んど焼断が点燃切断に先行しているようである。

IV 結 言

従来の綿薬を点火薬とする電氣雷管の交流電源による直列齊発の試験を行い、電流実効値及び流通開始時の位相角を任意に調整して不発の生否を驗し若干の考察を加えて不発生起の限界を求めんとした。Fritzsche 及び Giesa が実験に用いた電氣雷管の点燃時間は 0.5 ms という極めて短いものであつて不発生起の限界に対し位相角による影響が強く現われているようであるが、ここで用いた試料は点燃時間が平均約 9 ms でこれは 50 サイクル交流の半周期に近く位相角による影響の少いことが理論的にも示され、実験結果からも認められた。実効値が 0.8 A 以上では実験回数が多いので確言は出来ないが先づ不発は生じないようである。齊発の上限界は求め得なかつたが 200 V 交流電源に母線を経せず2個直結するような場合には電極が焼断されて綿薬に着火しない現象が時々起るので温度に強大な電流を通ずることは危険

である。Lisse⁶⁾はこのことを考慮して直列齊発では流通電流が2Aを著しく超えてはならぬと述べているが、この実験では実効値10A迄は上記の原因に基くと思われる不発は生じなかつた。この現象の起る限界は点火薬の性状、電橋の寸度、性状によることは勿論である。

交流電源で不発が生じ易いという原因の一部は高電圧に信頼して連結個数が過多になり、又結線部の接触抵抗の総和が大になることにより流通電流が最低限界以下になること、或は開閉器の接触不良に基く流通電流の断続現象にあるものと思われる。オッシログラフによればこれらの原因によつて不発が生じたことを容易に見出すことが出来る。Heyer⁷⁾も交流を用いるときの開閉器について述べているが、安全で確実な開閉器の使用が望ましい。

最後に本実験は文部省科学研究費の補助を受けて行つたものであることを附記すると共に、実験装置の設計に当り種々御援助下さつた東京芝浦電気の岡修一郎氏、加藤謙一氏並びに遠山榮一氏に深甚の謝意を表する。

文 献

- 1) C. H. Fritzsche & F. Giesa: Glückauf, 67, 1373 (1931); Z. S. S., 28, 73, 116 (1933)
- 2) K. Drekopf: Bergbau, 413 (1930)
- 3) K. Drekopf: Z. S. S., 29, 1, 43, 71 (1934)
- 4) K. Drekopf & W. Behrens: Z. S. S., 34, 3 (1939)
- 5) 岡崎: 工業火薬協会誌10, (27), 169 (1950)
- 6) Lisse: Glückauf, 48, 748 (1912)
- 7) Heyer: Z. S. S., 23, 185 (1928)

Studies on Electric Detonators IV. Instantaneous Firing of Incandescent Detonators in a Series Connection Using an Alternating Current

By Kazumasa Okazaki

When a power or lightning circuit is used for instantaneous blasting with incandescent detonators in a series connection, it has been considered that, if the circuit is closed at an undesirable phase of alternating current, some of the detonators will be left misfired.

In order to determine the relation between the misfire and the phase angle of alternating current applied to the detonators containing an ignition charge of fibrous nitrocellulose, five of them were hooked up in straight series and the alternating current of 50 cycles was applied to them. The phase angle to start with was regulated by the phase regulating apparatus containing a phase shifter. The strength of applied current was adjusted by a slidac. In this manner, firing tests for each series were carried out by changing the effective values of applied current from 0.6 A up to 10 A. The results obtained are as follows:

For currents of above 0.8 A, misfire has never happened in any phase angle. For 0.6 A, one or two detonators in some series were left misfired, and even in this case the effect of phase angle was not remarkable.

These results indicate that, as for the alternating current of 50 cycles, the phase angle is not an important factor for instantaneous blasting with incandescent detonators of this kind.