

8 漁業用電撃発生方法の改良とその装置

電子部 小田原 幸 生
久光電機有限会社 田 鹿 久 光

1 はじめに

大型魚を対象とした突棒漁、曳縄漁、延縄漁では電撃を利用して魚を仮死状態にして船内に取り上げる方法が実用化されている。この装置の改良について昭和63年に久光電機（大分県臼杵市）より技術相談があった。そこで、技術アドバイザーの助言を受け、当场で設計試作を、久光電機で漁場や養殖場での実験を行い、好結果が得られた。

特許出願中。（出願番号 特願平 5-87964）

2 電撃発生方法の改良とその装置

2.1 電撃突き棒漁における使用状況

漁場では魚見台の上に老練な漁夫が乗り、その他は突き台の先などにおいて、魚の発見に努める。海面にひれや色彩（アカミ）を発見すれば追尾に移り、背後から近づいて餌をやる。魚と7（m）以内の投射距離に入ったら、魚の胸部を目がけて銚竿を投げる。カジキ類を突いた場合の電撃操作は、銚が魚体に当たったのを確認してから5秒内外スイッチを押し電撃を与える。

一般には40～90（kg）のマカジキ、50～180（kg）のメカジキ、及び200（kg）のサメ類の場合も5秒内外の電撃操作により仮死状態となり、容易に取り上げることができる。ただ、銚の当たる部位によって電撃効果は異なり、頭部や胴体では効力が早い、尾柄部では一時麻痺状態に陥るのみで仮死状態にはすぐにならないが、魚体は容易にたぐり寄せることができる。

図1に漁具を示す。電撃式突き棒漁では、銚に電流を流す関係でナイロンかビニールで被覆された導電性の良いワイヤを用いる。銚は銚竿の先の三又（又金）に装着され、銚が魚に命中すると、銚竿は銚から離れる。

（参考文献：昭和59年3月18日、成山堂書店発行

「日本漁具・漁法図説」第11章604頁～606頁）

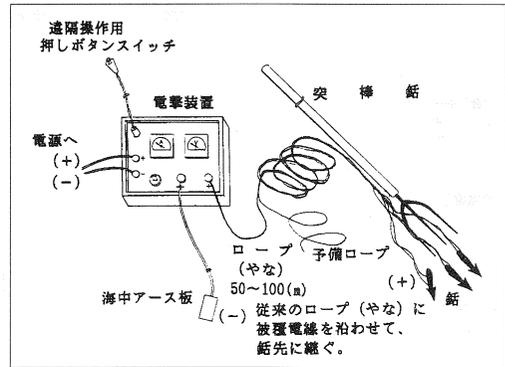


図1 電撃突き棒漁漁具

2.2 共振型昇圧方式漁業用電撃装置（従来型）

図2に回路を、図3に動作タイミングと出力波形を示す。また、本方式を共振型昇圧方式と呼ぶことにする。

放電スイッチSの開閉はカムの回転により機械的に行われ、放電出力サイクルは経験的に毎秒20回くらいが効果的とされている。スイッチ閉の間隔はスイッチの間隙に発生する火花の状態を見て調整するが、1～数（ms）に調節されている。スイッチSの閉により、コンデンサに充電されていた電荷は銚導線、銚、魚体、海中を通して瞬間的に放電する。スイッチSの開によりコイル（容量L）とコンデンサ（容量C）との共振効果により、コンデンサは電源入力電圧の約2倍に充電される。充電にかかる時間は $\pi * (LC)^{1/2}$ で、再びスイッチSが閉になり、放電が起きるということを繰り返す。電源電圧を300（V）、コイルLの容量を2.6（H）、コンデンサCの容量を0.0001（F）とし、所要充電電圧500（V）以上を得ている。写真1に共振型電撃装置と電源のインバータ電源の写真を示す。

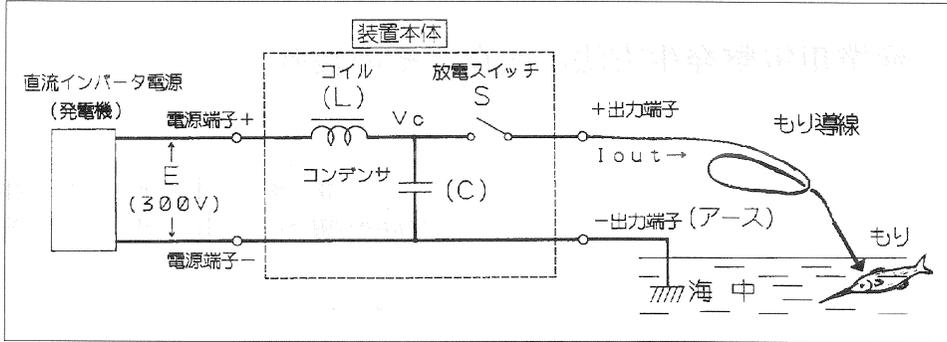


図2 基本型電撃装置 (共振型昇圧方式)

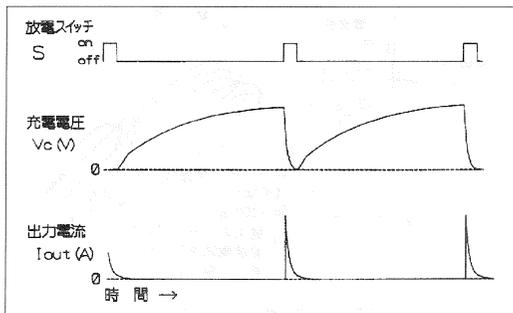


図3 共振型昇圧方式による出力

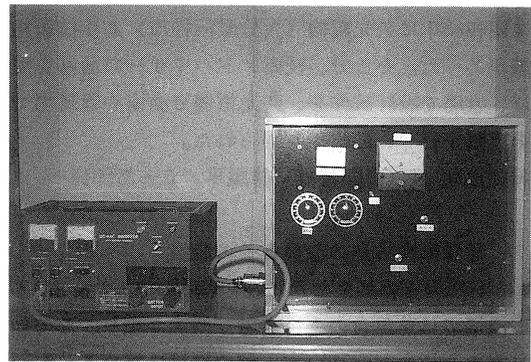


写真1 共振型昇圧方式電撃装置とその電源

2.3 多段分割型チョップ昇圧方式電撃装置 (改良型)

回路を図4に、出力タイミングを図5に、試作装置の写真を写真2に示す。また、本方式を多段分割型チョップ昇圧方式と呼ぶことにする。

回路は昇圧・出力回路と電子制御回路に分けられ、昇圧・出力回路は電源入力端子、リモコンで回路の電源を入切するリレー・スイッチS0、コイル、コンデンサ、充電スイッチS1、放電スイッチS2、整流ダイオードD2、出力端子(+極は鋳導線に、一極はアース線に接続し、アース線は海中に投下)などから成る。なお、試作装置では充電スイッチ、放電スイッチにはパワーMOS・FETを使用した。電子制御部は定電圧レギュレータ、タイミング・クロック発生器、出力電圧設定器、出力電圧設定値がコンデンサの充電電圧に対して高ければ論理値の1、低ければ0を出力する比較器、タイミング・クロックと比較器出力の論理積が1の時に充電スイッチを閉にし、通常は開とする充電スイッチ制御器、放電出力間隔を一定にするためにタイミング・クロックを

計数し、設定パルス数毎にタイミング・クロックの1で放電スイッチを閉にし、0で開にする放電スイッチ制御器などから成る。

2.4 多段分割型チョップ昇圧方式の解析

放電スイッチの閉の時間を t_1 (s)、開の時間を t_2 (s)とする。 t_1 、 t_2 はタイミング・クロックによる。充電開始直前のコイル電流 I_0 (A)は、

$$I_0 = (E / r) * \{1 - \exp(-r t_1 / L)\} \quad \text{①}$$
 (E: 電源電圧 (V)、r: コイルと充電スイッチの内部抵抗 (Ω)、exp: 指数関数、L: コイル容量 (H))

また、各回の充電達成電圧 V_1 (V)は、初期電圧を V_0 (V)、コンデンサ容量をC (F)とすると、

$$V_1 = E + \{(V_0 - E)^2 + L I_0^2 / C\}^{1/2} \quad \text{②}$$

また、充電時間t (s)は、

$$t = (\pi / 2 - \phi) * (LC)^{1/2} \quad \text{③}$$

$$\phi = \tan^{-1}((V_0 - E) / \{I_0 * (L / C)^{1/2}\})$$

$$-\pi / 2 < \phi < \pi / 2$$

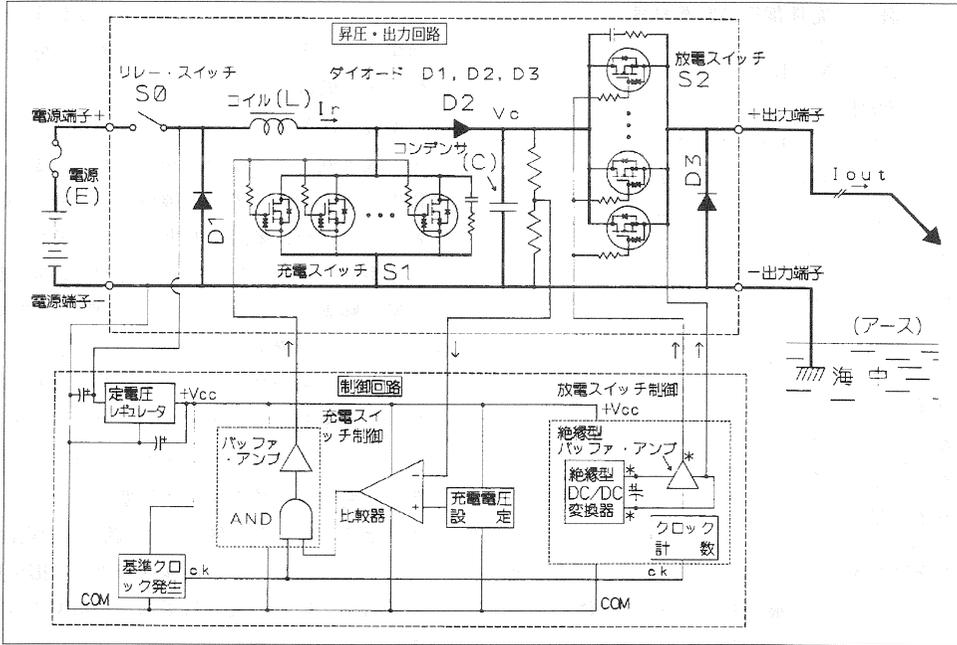


図4 電撃装置ブロック図 (多段分割型チョップ昇圧回路)

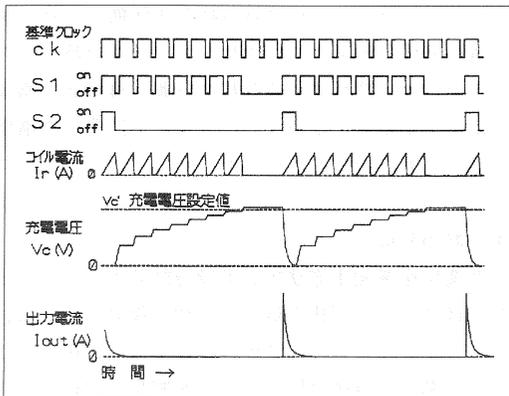


図5 多段分割型チョップ昇圧方式による出力

分割充電回数 N (充電回数 / 1回放電) を10とした時の試作装置の設計データ及び各回の達成充電電圧を表1に示す。

表1によると、最終充電電圧は約580 (V) であるが、電源の24 (V) 定格の蓄電池は実際には満充電に近い状態で使用され、その時の電圧は28 (V) にも達し、各部の損失を考慮しても表の充電電圧は十分達成可能である。

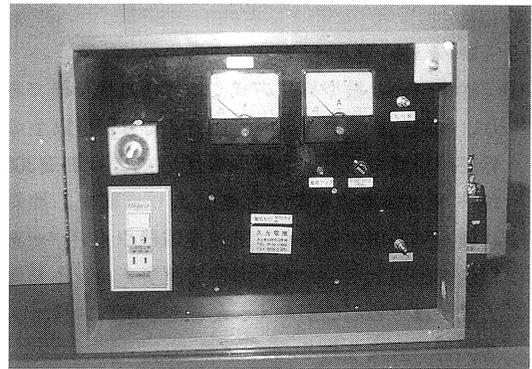


写真2 多段分割型チョップ昇圧方式電撃装置

2.5 コイルの小型化

多段分割型チョップ昇圧方式において分割充電回数 N が1の場合と n の場合を比較する。

$N = n$ の場合は、 I_0 による分割充電 (電磁) エネルギーは最終的なコンデンサの充電電圧の静エネルギーの $1/n$ であること、各回の充電時間 ($t_1 + t_2$) はトータル充電時間の $1/n$ であることから、概ね1段の場合と I_0 を同じにして L を $1/n$ にすることができる。コイルに鉄心入りのものを使用すると、コイルの巻き数 T は容量 L の平方根に比例す

表1 充電電圧の計算結果

E = 24V N = 10回 r = .25オーム				
L = .002H C = .0001ファラッド				
t ₁ = .0042 s I ₀ = 39.2107				
1カイ	V ₁	201 (V)	t	0.76 (ms)
2カイ	V ₁	273 (V)	t	0.35 (ms)
3カイ	V ₁	329 (V)	t	0.27 (ms)
4カイ	V ₁	376 (V)	t	0.23 (ms)
5カイ	V ₁	417 (V)	t	0.21 (ms)
6カイ	V ₁	454 (V)	t	0.19 (ms)
7カイ	V ₁	489 (V)	t	0.17 (ms)
8カイ	V ₁	521 (V)	t	0.16 (ms)
9カイ	V ₁	551 (V)	t	0.15 (ms)
10カイ	V ₁	579 (V)	t	0.14 (ms)

るので巻き数を減らすことができ、また、鉄心の磁束密度は $B = \mu IT$ で、磁気飽和に対して鉄心の断面積を L の平方根に比例して小さくできる。

以上から、コイルの大きさは $N = 1$ の時と比べ、概ね $1/n^{1/2}$ に小型化できる。

3 まとめ

- ① 従来型の共振型昇圧方式では昇圧は約2倍であり、多段分割型チョップ昇圧方式では20倍以上の昇圧が可能である。共振型昇圧方式では別途300(V)程度の直流電源が必要であり、従来、漁船に積んで使用する際には別途発電機やインバータ電源を使用していたが、多段分割型チョップ昇圧方式ではその必要がなく、配線や、設置スペースの問題が解決される。
- ② 漁業用電撃電流発生装置に占めるコイルの重量の割合は大きいですが、共振型昇圧方式では300(V)の電源を入力としているのでコイルの仕事量(ワット数)は多段分割型チョップ昇圧方式の3/4であり、単純に比較すれば多段分割型の方がコイル

は大きいと思われるが、試作では逆に多段分割の効果により重量を約半分にできた。(分割充電回数が10の場合)

- ③ 多段分割型チョップ昇圧方式の出力は共振型昇圧方式と同レベルの出力が得られる。また、電撃装置の出力スイッチの半導体化は回路の保護が課題であったが、多段分割型に改良する前に従来の共振型昇圧方式で半導体化しており、現在数十台、操業で順調に使われている。(写真1の機種)
- ④ 釣りなどの漁業での応用について、7~10(kg)の本マグロを対象に一本釣り用釣竿を使用し、釣り針を電撃装置の出力と接続して使用した。竿に当たりがあるとリモコン・スイッチにより電撃装置を作動させ、放電を5秒程度行ったところ、マグロは直ちに仮死状態になり、釣り人の自由になった。この時に、一部の魚体に背骨の破損が見られ、放電時間の短縮、又は放電電圧の低減が可能であることが分かった。

また、20~30(kg)の本マグロを対象に電気銚を使用し、魚体の頭部に銚を打ち込み、3秒間程度放電した。マグロは直ちに仮死状態になり、魚体の操作は操業者の自由になった。この時、この魚の付近に群れている魚群の行動の俊敏さも格段に低下するのが認められ、トロール漁業での電撃浮上にも有効であることが分かった。

4 おわりに

漁業用電撃発生方法で、多段分割型チョップ昇圧方式は設備の小型化と低コスト化に役立つ。また、仕様の変更により、突き棒漁だけでなく、釣り、トロール網、養殖漁の捕獲などの新製品への応用が可能であり、新しい需要が開発できる。

最後に、本装置の改良に際して技術的に助言指導していただいた技術アドバイザーの大分高専電気工学科、兼田護教授に感謝します。