HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	無負荷變壓器と進相用蓄電器との一線開放時に於ける高調波共振
Author(s)	小串, 孝治; 小池, 東一郎
Citation	北海道大學工學部研究報告, 9, 111-116
Issue Date	1953-12-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40529
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_111-116.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

無負荷度壓器と進相用蓄電器との一線開放時に於ける高調波共振

小串孝治
小池東一郎

(昭和28年8月30日受理)

On the Higher Harmonics Resonance between Static Condenser and a No Load Receiving Terminal Transformer by Opening one line

Koji Ogushi
Toichiro Koike

Abstract

When one conductor of the three phase transmission system having no load receiving terminal power transformer is opened, it is sometimes supposed to happen that the inductive reactance of transformer and with capacitive reactance of shunt capacitor, which is installed in some parallel connecting system to that no load system, are satisfying higher harmonics resonance condition.

The theoretical analysis and experimental research by miniature 3000 volt system for these phenomenon are reported in this paper.

第1圖の如き非接地系統に於て，A系受電端無負荷變壓器を遮斷する様な場合，接觸子開離に不揃があれば，一線斷線狀態を經過するのであるが，かかる時間が長い場合等に於て，A系と並列に連るB系に設置されている進相蓄電器 C_2 が，B系負荷インダクタンスの値 L_4 の如何に依つては，上記變壓器の L_2 と高調波共振の條件を滿足する事がある。

今電源に含まれる調波分電壓を E_a，斷線點電流を I_a, I_b, I_c とし，此の點より見たる電源及び負荷側に對する調波分零，正，逆相分インピーダンスを夫々 Z_{0A}, Z_{1A}, Z_{2A} 及び Z_{0B}, Z_{1B} Z_{2B} とすれば，斷線點負荷側調波對稱分電壓及び電流は，基本波の場合と同樣にして得られる。即ち

$$\left.\begin{aligned} V_0 &= Z_{0B} I_0 \\ V_1 &= Z_{1B} I_1 \\ V_2 &= Z_{2B} I_2 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (1)$$

斷線線條端間に現れる電壓を $3V$ とすれば，

$$\left.\begin{aligned} V_0+V &= -Z_{0A} I_0 \\ V_1+V &= E_a - Z_{1A} I_1 \\ V_2+V &= -Z_{2A} I_2 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (2)$$

又 a 相が先ず開離するものとせば

$$I_a = I_0 + I_1 + I_2 = 0 \quad \cdots\cdots (3)$$

今 $Z_{1A} = Z_{2A}$, $Z_{1B} = Z_{2B}$ とすれば (1), (2) 及び (3) より

$$\left.\begin{aligned} I_0 &= -\frac{(Z_{1A}+Z_{1B})E_a}{\Delta} \\ I_1 &= \frac{\{(Z_{0A}+Z_{0B})+(Z_{1A}+Z_{1B})\}E_a}{\Delta} \\ I_2 &= -\frac{(Z_{0A}+Z_{0B})E_a}{\Delta} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (4)$$

$$\Delta = (Z_{1A}+Z_{1B})\{2(Z_{0A}+Z_{0B})+(Z_{1A}+Z_{1B})\}$$

かくて，負荷側に於ては

$$\left.\begin{aligned} V_a &= \frac{(Z_{1B}-Z_{0B})E_a}{2(Z_{0A}+Z_{0B})+(Z_{1A}+Z_{1B})} \\ V_b &= \frac{a^2 Z_{1B}E_a}{Z_{1A}+Z_{1B}} + \frac{(Z_{1B}Z_{0A}-Z_{0B}Z_{1A})E_a}{\Delta} \\ V_c &= \frac{aZ_{1B}E_a}{Z_{1A}+Z_{1B}} + \frac{(Z_{1B}Z_{0A}-Z_{0B}Z_{1B})E_a}{\Delta} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (5)$$

線間電壓としては

$$\left.\begin{aligned} V_{ab} &= -\frac{a^2 Z_{1B}E_a}{Z_{1A}+Z_{1B}} + \frac{Z_{1B}\{(Z_{1A}+Z_{1B})-(Z_{0A}+Z_{0B})\}E_a}{\Delta} \\ V_{bc} &= \frac{Z_{1B}(a^2-a)E_a}{Z_{1A}+Z_{1B}} \\ V_{ca} &= \frac{aZ_{1B}E_a}{Z_{1A}+Z_{1B}} + \frac{Z_{1B}\{(Z_{1A}+Z_{1B})-(Z_{0A}+Z_{0B})\}E_a}{\Delta} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (6)$$

となる。かくて (5), (6) より

$$Z_{1A}+Z_{1B} = 0 \quad \cdots\cdots (7)$$

にて V_b, V_c 相電壓が，又

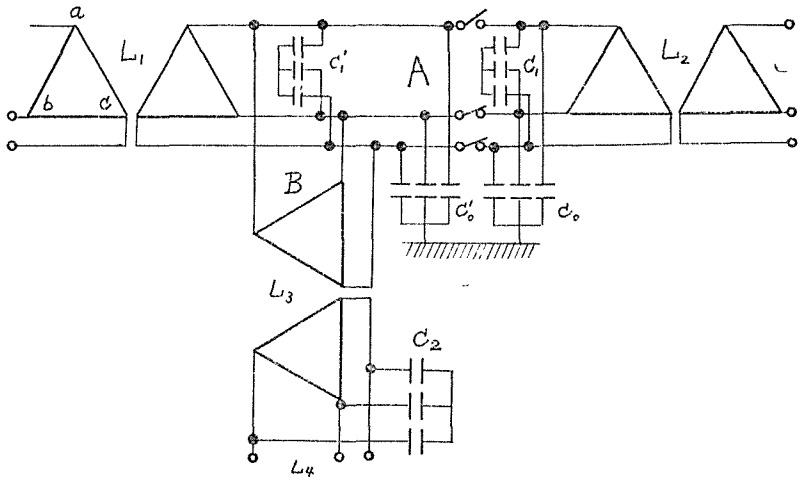
$$2(Z_{0A}+Z_{0B})+(Z_{1A}+Z_{1B}) = 0 \quad \cdots\cdots (8)$$

にては各相電壓が共に共振條件となる。

飽和の影響がある場合には，各調波に對する L_2 の値は，其の調波の基本波に對する電壓位相に依つても變化するのであるが，夫々の場合に於て近似的に一定と見做せば，上記の (7) 及び (8) は基本波及び高調波に就ても成立つ條件である。

系統が Δ 結線變壓器より構成されている場合も，斷線時には，第 5 調波のみならず，第 3 調波電壓も電源側に現れる。

かくて今第 1 圖に於て，抵抗を省略し，且つ其の高調波に對して L_2 は一定と假定すれば，(7) を滿足する條件としては



第　1　圖

$$L_4=\frac{L_3\{\omega^3L_1L_2(C_1'+C_0'+C_1+C_0)-\omega L_1\}-\omega L_2(L_1+L_3)}{\{\omega^2L_3C_2-1\}\{\omega^3L_1L_2(C_1'+C_0'+C_1+C_0)-\omega L_1\}-\omega^3L_2C_2(L_1+L_3)+\omega L_2} \quad \cdots\cdots (9)$$

又今　$C_0=C_0'=C_1=C_1'=O$　の時は

$$L_4=\frac{L_1L_3+L_2(L_1+L_3)}{\omega^2C_2\{L_1L_3+L_2(L_1+L_3)\}-(L_1+L_2)} \quad \cdots\cdots (10)$$

更に　$L_4=\infty$　の場合には

$$C_2=\frac{L_1+L_2}{\omega^2(L_1L_3+L_1L_2+L_2L_3)} \quad \cdots\cdots (11)$$

である。(8) の條件に就いては

$$L_4=\frac{L_3\alpha-(L_1+L_3)\beta}{(\omega^2L_3C_2-1)\alpha+\beta-\gamma} \quad \cdots\cdots (12)$$

$$\alpha=\{\omega^2L_2(C_0+C_1)-1\}\{2\omega^2L_1(C_0+C_0')(C_1'+C_0')+\omega^2C_0C_0'L_1\}+\omega^4L_1L_2C_0C_0'(C_1'+C_0')$$

$$\beta=2(C_0+C_0')\{\omega^2L_2(C_0+C_1)-1\}+\omega^2C_0C_0'L_2$$

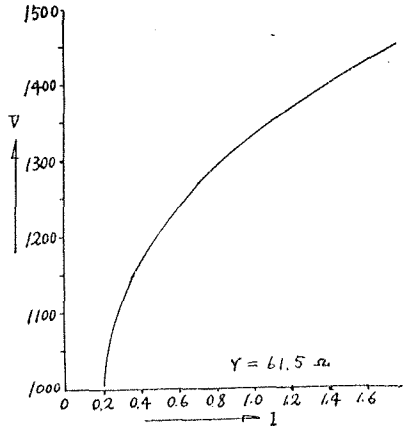
$$\gamma=(L_1+L_3)\omega^2C_2[2(C_0+C_0')\{\omega^2L_2(C_0+C_1)-1\}+\omega^2L_2C_0C_0']$$

であり，今　$C_1=C_1'=0$，$L_4=\infty$　とせば

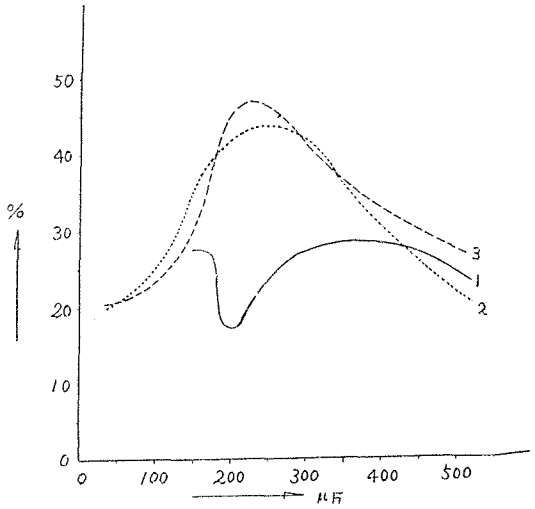
$$\{2(C_0+C_0')(\omega^2L_2C_0-1)+\omega^2L_2C_0C_0'\}\{(\omega^2L_3C_2-1)(\omega^2L_1C_0-1)-\omega^2L_1C_2\}$$
$$+\omega^2L_2C_0C_0'\{\omega^2L_2C_0-1\}\{\omega^2L_3C_2-1\}=0 \quad \cdots\cdots (13)$$

となる。

次に模擬回路として，3KVA, 100/3000, 50 ∿, $\%X=1.2$　3臺を電源變壓器，1 KVA, 1100/220, $\%X=0.8$ にして第2圖の如き飽和特性を有する變壓器3個にて無負荷變壓器　L_2，更に L_3 として 5KVA, 3000/200, $\%X=1.4$　3臺を1バンクとして構成した系統を用いて實驗した場合を見るに，小容量變壓器故，抵抗分の比率が大であつて，共振の振幅も著しく制限される



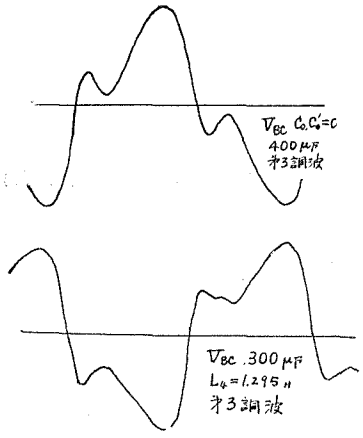
第 2 圖



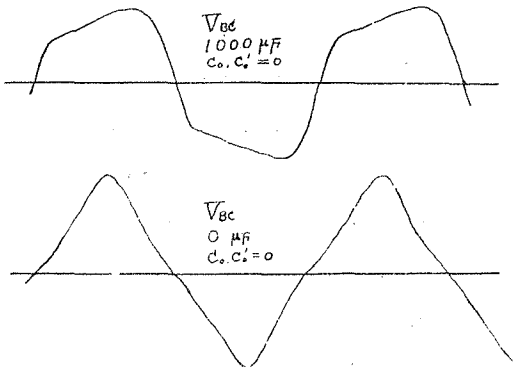
第 3 圖

故，解析を容易ならしめる様に，電源 54 ∽，50 V に常に保持して行つている。即ち L_2 は可成飽和の狀態にある様にしてある場合である。

第3圖は V_{bc}，即ち健全線間電壓の分析であつて，第3調波の基本波分に對する振幅比の%を縱軸に，200 V 低壓側 1 相當挿入 C_2 を横軸としたものである。(1) 曲線は $L_4=\infty$ の (11) 式の場合になり，(2) は $L_4=1.395$ H，(3) は 0.15 H とした場合を示している。(2) (3) では $C_0=1\times10^{-6}$ F，$C_0'=0.0177\times10^{-6}$ F が設けられている。第4圖は夫々 (1), (2) の共振時のオツ



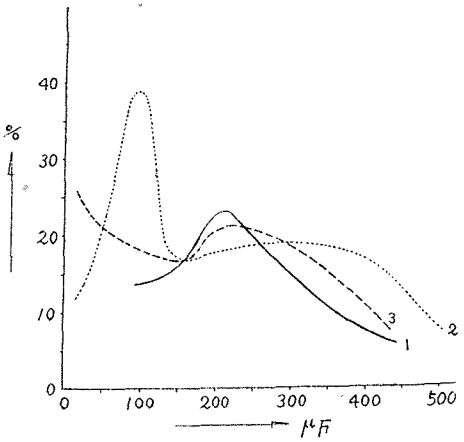
第 4 圖



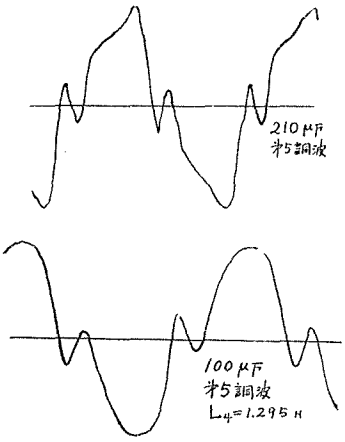
第 5 圖

シロである。第5圖は比較のために記されたものである。第6圖は上記の第5調波の場合であつて，第7圖は (1) 及び (2) の共振點波形である。又第8圖は V_{AC} 即ち健全線，故障線間電壓であつて，第3調波を示し，C_0, C_0' は上記同樣である。

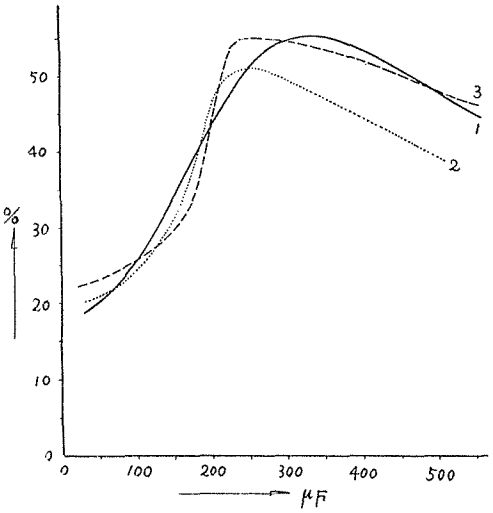
(1) は $L_4=\infty$，(2) は $L_4=1.395$ H，(3) は $L_4=0.15$ H の場合であつて，第9圖は共振附近



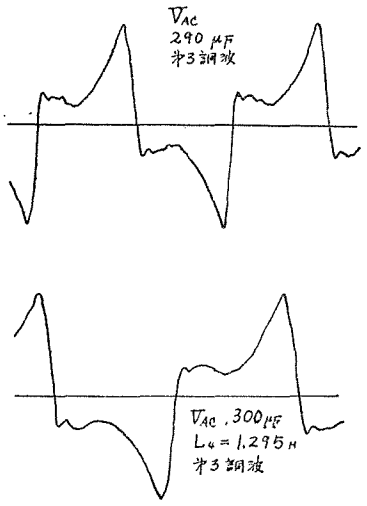
第　6　圖



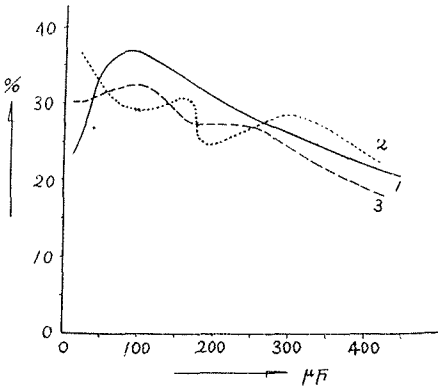
第　7　圖



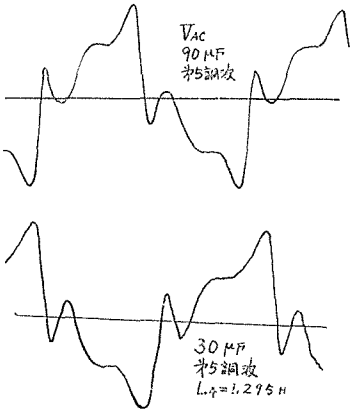
第　8　圖



第　9　圖



第　10　圖



第　11　圖

の例である。第10圖は前記の第5調波に就て分析した結果であつて，共振點は次第に左方に移動している。第11圖は波形例を示している。何れの場合も $C_1=C_1'=0$ としている。

本實驗では飽和の爲，L_2 の値が一定でなく，夫々の場合で値が變つているが，實際の送電系統に於ては，飽和も少く，計算上基本波に對する L_2 の値で近似的に共振點の推定は可能であり，又抵抗分による振幅制限も少い故，共振電流により各相に高調波過電壓が生ずる可能性が存在する。