

電力用継電器に対する高調波歪電源の影響について

村 井 国 昭*・長谷川 博 一**・佐 藤 義 則***

The Effect of Harmonics on the Protective Relays.

Kuniaki MURAI, Hirokazu HASEGAWA and Yyshinori SATO

要 旨

一定周波数、定電圧の条件の下でその動作が保証されている電力用機器が、高調波を含む電源に対してどのように動作するか調べるために、本研究では高調波歪電流がアナログ形継電器及びトランジスタ形継電器の動作時間に対する影響について実験を行なったので報告する。

Abstract

The operating performance of the power system apparatus such as protective relays, potential devices and potencial transformers are guaranteed under the condition of constant voltage and frequency.

This report investigates the mal-operations of analog typed protective relays under the circumstances of harmonic distorted current sorces and point out that the operating time of relays are greatly influenced by the harmonics content and the phase of supper-position.

1. 結 言

近年、サイリスタ応用機器が工場、民生需要ともに増加し、これに伴って高調波歪電源に起因すると思われるトラブルの発生が指摘されている。

高調波歪電流が電力用機器に与える影響については実験を含めた解析があまり行なわれておらず、わずかに同期機の安定度や直流送電系を含めたシミュレーション、メーカによるレポートが報告されている程度である。

筆者等は既に、高調波重畳電源が従来形の誘導円板形継電器に代表されるアナログ形継電器に与える影響について実験を行ない、高調波含有率や重畳する位相によってその動作時間が大きく影響を受けることを報告してきた⁽¹⁾。

本論文では、文献(1)と同じ電源環境試験装置を用いてトランジスタ形過電流継電器に対し

て、高調波歪電源の影響を実験により確認したので、誘導円板形継電器の場合と比較して報告する。

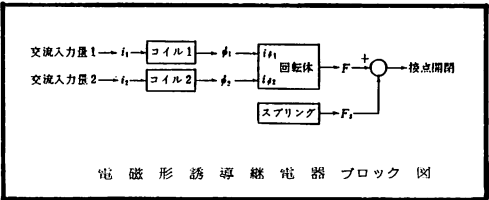
2. 電力用アナログ形継電器

電力用アナログ形継電器には、電磁力によって可動部を動作させる電磁形継電器、静止回路を主体に構成される静止形継電器がある。

(1) 電磁形継電器

電磁形継電器は動作原理の違いにより、可動鉄心形継電器と誘導形継電器に分類される。

本実験に供した誘導円板形過電流継電器の動作



* 苫小牧高専 電気工学科 教授
** 苫小牧高専 電気工学科 助手
*** 苫小牧高専 電気工学科 助教授

図-1

原理は、回転体に移動磁界や回転磁界を作用させるものであり、その原理ブロック図を図-1に示す。コイルを介して位相の異なる磁束

$$\phi_1(t) = \Phi_1 \sin \omega t$$

(1)

$$\phi_2(t) = \Phi_2 \sin (\omega t - \alpha)$$

(2)

ただし、 α ： ϕ_1 と ϕ_2 との位相角

Φ_1, Φ_2 ：それぞれ ϕ_1, ϕ_2 の実効値

をつくり、これにより誘導される電流との間に発生するトルク F は次式で与えられる。

$$F = Kf\Phi_1\Phi_2\sin\alpha$$

(3)

ただし、 K ：継電器定数、

f ：周波数

F は交流入力にもかかわらず一定の大きさとなり、脈動しないので安定な動作力が得られる特徴がある。

入力に高調波が含まれると(3)式中の f が各高調波成分を含む他、 Φ_1, Φ_2 もまた各高調波の実効値の2乗和の平方根で表わされるため、 F の大きさは入力の高調波含有率や重畳位相に依存して変化することとなる。

(2) 静止形継電器

静止形継電器はレベル検出回路、位相検出回路、論理回路の組み合わせで構成され、電源回路から安定化電圧を供給されて駆動される。

本実験に供した静止形継電器はトランジスタを用いた即時動作過電流継電器で、その原理ブロック図を図-2に示す。

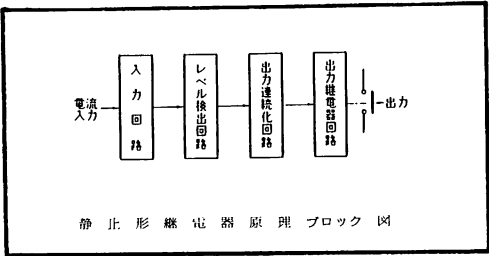


図-2

入力回路に印加された交流電流は、内蔵のCTにより微小電流に変換され、全波整流された後、レベル検出回路へ印加される。レベル検出回路では、この微小直流電流を整定値と比較してパルス信号を発生する。出力連続化回路では、周期的に

来るパルス信号を連続信号化して次段の出力回路の補助継電器を駆動させる。

3. 実験装置及び実験方法

(1) 実験装置

この実験に使用した主な機器とその構成を図-3に示す。

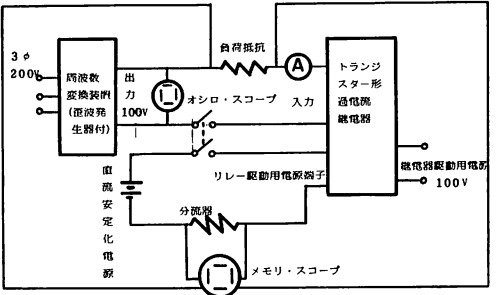


図-3

- (i) 3相歪波発生電源
3TA-3000 (DW-765 及びDW-1 装備)
- (ii) 誘導円板形過動流継電器
形式 IC 01, G-11
定格 5 [A], 50 [Hz]
- (iii) 静止形過電流継電器
形式 DQAWA-1HB
定格 5 [A], 50[Hz]
- (iv) 可搬形電力継電器論験装置
TPR-22A

他。

尚、高調波歪電流を発生する(i)の3相歪波発生電源は容量3 (KVA)で、基本波に対して第19調波まで発生できる他、同時に5波までの高調波を任意の含有率で基本波に重畳でき、重畳する位相も任意に設定できる特徴を有している。

(2) 実験方法

一般に高調波を含んだ電圧・電流は従来のアナログ形計測器では真値が得られないため、今回の実験では、高調波歪電流が継電器の動作時間に及ぼす影響について測定を行なった。(限時特性)

実験方法は以下の通りである。

- (i) 電流タップを2 [A]にセットする。
- (ii) SW を閉じて Load を変化させ、負荷電流を調整して最小動作電流を求める。
- (iii) SW を開き、メモリスコープをトリガが入ったら画面上に波形が出るようにセットしておき、再び Sw を閉じて動作時間を画面から読み取る。

- (iv) これを7回程、繰返して動作時間の平均を求める。
- (v) 以上の方法で、電流タップの200%位までを同様にして動作時間が安定してくるまで繰返す。
- (ただし、3相歪波発生器の定格出力電流10(A)を越えないように注意する。)

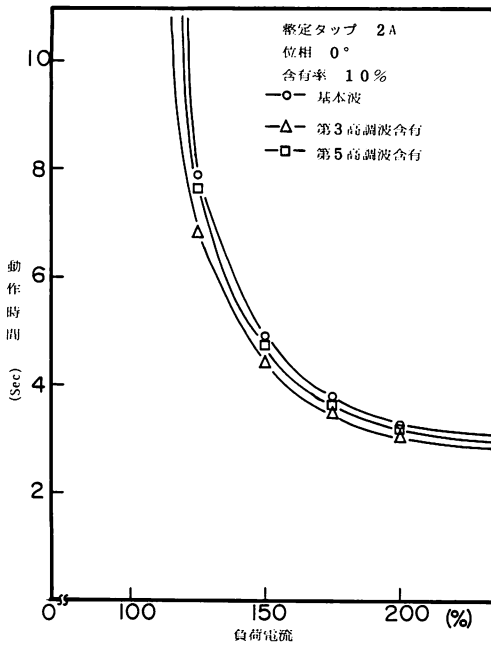


図-4

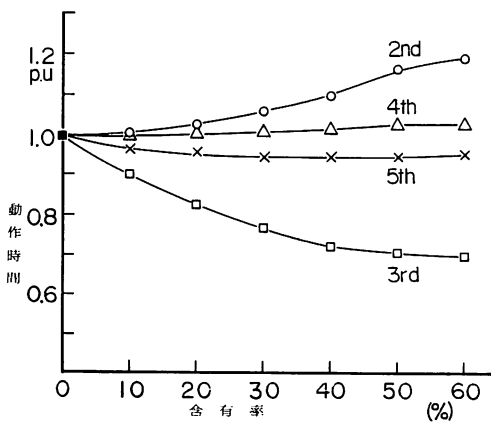


図-5

4. 実験結果

- (1) 誘導円板形過電流継電器の高調波歪電流に対する応答

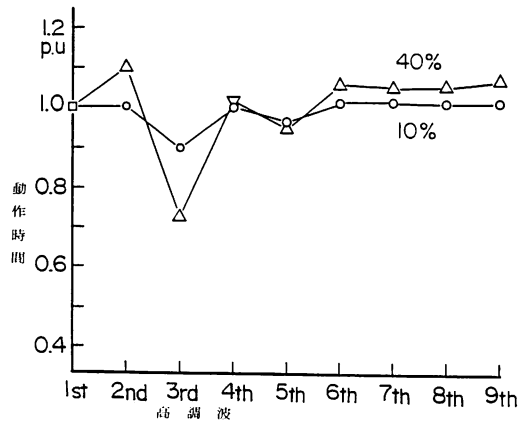


図-6

図-4は高調波含有率を10%とした時、負荷電流に対する継電器動作時間の変化を示したものである。同一含有率においても高調波の次数の違いによって動作時間に変化があることがわかる。

また、図-5は図-4の傾向をはっきりさせるために、各高調波次数をパラメータとして、高調波含有率に対する動作時間の変化を示したものであり、動作時間は基本波のみの場合を1.0 [p.u.]としている。同図により、第2高調波は動作を遅らせ、第3高調波は含有率により大幅に早めることがわかる。

図-6は高調波含有率を10%と40%とした時の高調波次数に対する動作時間の変化を示したものである。図-5と図-6より、第5調波以上の高調波では動作時間は含有率の変化によってあまり大きな影響を受けないことがわかる。

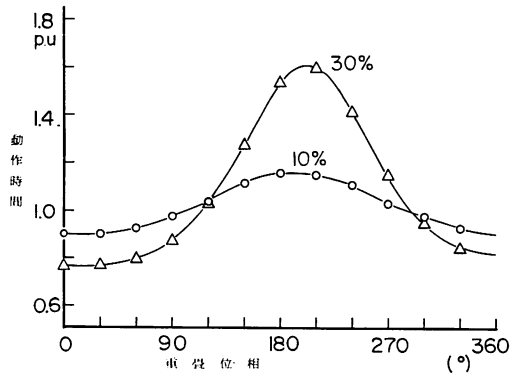


図-7

以上の結果は、基本波に対する高調波の重畳位相は0度であったが、図-7は基本波に重畳する第3高調波の位相を変化させた時の動作時間の変

化を示したものであり、含有率はそれぞれ10%と30%の場合である。含有率10%の場合、重畳される位相の違いにより25%程度の動作時間の増減を示している。さらに筆者等の実験では、含有率10%において第2調波、第4調波は重畳位相によってほとんど変化せず、第5調波で約8%の増

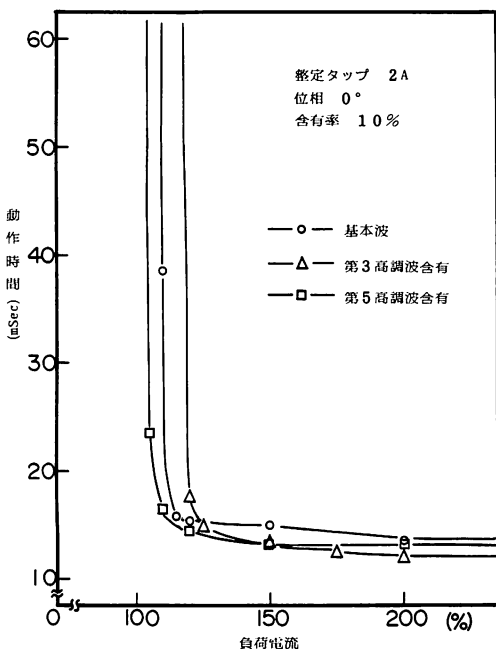


図-8

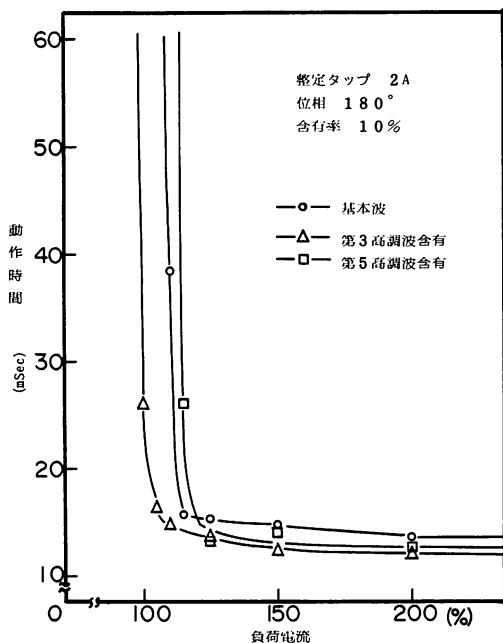


図-9

減を示し、それ以上の高次調波では変化がないという結果を確認している。

(2) トランジスタ形過電流継電器の高調波歪電流に対する応答

図-8は重畳位相が0度の時、含有率10%の第3調波、第5調波に対する動作時間の応答例を示した。基本波に対して第5調波が早く動作し、第3調波分に対する動作が遅れることを示しており、誘導形継電器の場合と傾向が異なっていることがわかる。

図-9は同じ含有率で重畳位相が180度の場合であり、第3調波と第5調波の動作時間が図-8とは逆転している。これは、図-10に示すように、入力歪電流波形のピーク値が同じ実効値でありながら大きく異なるためであると考えられる。

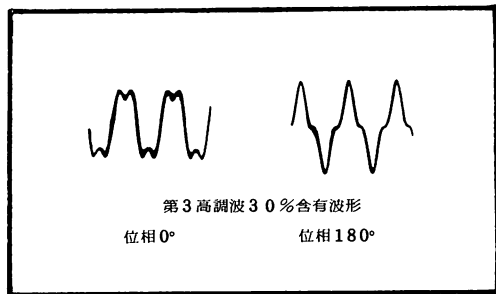


図-10

以上から、第3調波と第5調波の重畳波形は位相によって逆転し、レベル検出回路によって駆動されるトランジスタ形継電器では図-8、図-9などからもこの傾向がはっきり現われており、位相が0度と180度では動作電流を同一とすれば電流で15%程度の逆転が確認できる。

5. 結 言

以上、本実験では高調波歪電流の含有率と重畳位相がアナログ形継電器の動作時間に与える影響を調べ、その含有率や位相によって設定値よりかなり小さい値で動作したり、設定値を越えても動作しない場合があることをデータにより明らかにした。

また、実効値で動作する誘導形継電器と異なり、静止形継電器ではピーク値で動作し入力電流波形の影響が大きいことが確認できた。

誘導形継電器の動作は(3)式より磁束の実効値の大小によって決まるもので、電流の実効値は位相

に無関係であるのに対し、それによって作られる磁束は磁気回路が非線形であることにより高調波の位相によって歪の割合も異なってくる。その結果、磁束の実効値が変化し、トルクの大きさが変化するため動作時間が変動するものと思われる。

しかし、歪波電源側の高調波成分と含有率は、負荷側では一般に変化するため、現有の測定器では動作時間以外の定量的な解析が困難であり、波形解析を含めた定量的な解析は今後の研究課題としたい。

尚、本実験の測定データは本校第16期生中林広一君と第18期生桑田敬弘君の卒業研究の結果の一部をとりまとめたものであり、ここに記して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 村井国昭他：「高調波含有波形の継電器応答試験—過電流継電器—」昭和58年電気学会道支部連大会論文集，No.128
- (2) 電気学会技術報告(II)第64号「配電線における波形歪の研究」
- (3) 電気計算，第49巻，No.9「計器の誤差やリレーの誤動作と防ぎ方」
- (4) 保護継電工学；電気学会大学講座オーム社，1981年
- (5) 電気機器IV；現代電気工学講座オーム社，1963年

(昭和60年11月29日受理)

