縦統誘導機を利用した系統高調波の吸収法

正 員 深 見 正 (金沢工大)

An Absorption Method of Power System Harmonics Using a Cascade Induction Machine
Tadashi Fukami, Member (Kanazawa Institute of Technology)

キーワード：高調波，フィルタ，ブラシレス，誘導機，縦統接続

1. まえがき

パワーエレクトロニクス機器の普及に伴い，電力系統に侵入する高調波が問題になっている。最近，この抑制対策として，同期機を利用した高調波吸収法⁽¹⁾⁽²⁾が提案されている。系統の基幹要素である同期機に高調波吸収機能を持たせることは，効率的で有効な手法と考えられる。

著者は，このような高調波吸収法⁽¹⁾⁽²⁾がブラシレス構造の回転機で実現できないかを検討している。本レターでは，縦統誘導機⁽³⁾をブラシレス同期調相機として用い，これにより系統の第5，第7高調波を吸収する方法を提案する。

2. 縦統誘導機を利用したブラシレス同期調相機

〈2・1〉構成 図1(a)，(b)に縦統誘導機を利用したブラシレス同期調相機（以下，BSCと記す）の構造と回路を示す。本レターで述べる縦統誘導機は，ブラシレス化を図るため，同じ極数の巻線形誘導機二台（A，B）を，図1(a)のように単一フレーム内に収め，両機の回転子巻線を軸上で接続する。また，同期運転時には，図1(b)のようにB機の固定子巻線に励磁用の直流電源 E_d を接続する。これ

らの点が従来の縦統誘導機⁽³⁾と異なっている。ただし，回転子巻線の接続は，従来機と同様で，相回転が互いに反対方向になるように接続する。

〈2・2〉始動と同期化 始動と同期化は，次のように行う。まず，図1(b)において，切り換えスイッチ S を①側に閉じ，縦統誘導機として自己始動する。すなわち，A機の固定子巻線に角周波数 ω の三相電圧を印加すると，回転子は縦統角速度（A，B両機の極数の和に相当した同期角速度） $\omega/2$ 付近で回転する。このとき，スイッチ S を②側に閉じ，B機の固定子巻線を直流励磁すれば，これによる静止磁界と回転子の回転磁界との間に同期化トルクが発生し，回転子が縦統角速度 $\omega/2$ で回転する同期電動機となる。この電動機は，B機の直流電流 i_d を制御することにより，A機の電源力率を自由に調整することができ，ブラシレス構造の同期調相機として利用できる。

3. 高調波吸収の原理

高調波に対してBSCのインピーダンスが系統のインピーダンスに比べて小さくできれば，高調波が吸収できる。

固定子巻線に高調波電流が流れると，固定子にその次数

図1 縦統誘導機を利用したブラシレス同期調相機（BSC）

Fig. 1. A brushless synchronous condenser (BSC) using a cascade induction machine.

(a) 第5高調波の場合

(b) 第7高調波の場合

図2 高調波電流による回転磁界の方向と角速度

Fig. 2. Directions of rotating magnetic fields produced by harmonic currents and their angular velocities.

図3 B機固定子の他の構成例

Fig. 3. Another example of stator configuration in machine B.

で回転する回転磁界が発生する。この回転磁界を減少すれば、BSCの高調波インピーダンスが低下できる。

いま、図2(a)のようにA機の固定子巻線に三相の第5高調波電流が流れた場合を考える。このとき、A機の固定子には、回転子と逆方向に 5ω の角速度で回転する回転磁界が発生する。これをA機の回転子側から見ると、回転子と逆方向に $11\omega/2$ で回転する回転磁界になる。さらに、この磁界をB機の固定子側から見れば、回転子と同方向に 6ω の角速度で回転する回転磁界になる。同様に、図2(b)のようにA機の固定子巻線に三相の第7高調波電流が流れると、固定子には回転子と同方向に 7ω の角速度で回転する回転磁界が発生する。これをB機の固定子側から見ると、回転子と逆方向に 6ω の角速度で回転する回転磁界になる。

したがって、図2のB機固定子回路のように、 E_e と並列にコンデンサ C を接続して固定子巻線を第6高調波電流で自励すれば、これによる交番磁界（等振幅で互いに反対方向に回転する2つの磁界）で、前記第5、第7高調波電流による 6ω の回転磁界を減少させることができる⁽²⁾。

図2では等振幅の磁界で高調波磁界を減少させる方法を示したが、図3のようにB機固定子に三相巻線とは別に二

相巻線を設け、容量の異なるコンデンサ C_1 、 C_2 で自励すれば、任意の振幅の磁界で高調波磁界が減少できる⁽²⁾。なお、二相巻線を別に設けるのは次の理由による。すなわち、BSCを同期運転するには縦続速度付近で回転する誘導機トルクの発生が必要で、B機固定子巻線に短絡回路が必要であり、三相巻線が多相で自励できないからである。

以上の方法により、BSCの高調波インピーダンスが低下し、系統の第5、第7高調波が吸収できる。

4. むすび

本レターでは、縦続誘導機を利用した系統高調波の吸収法を提案した。本方法によれば、システムがブラシレス化でき、調相と高調波吸収機能を備えた変電機器として有用である。現在、実験により高調波吸収性能を評価中で、その結果は稿を改めて報告したい。

(平成9年11月6日受付、平成9年12月24日再受付)

文 献

- (1) 高瀬ほか:「系統高調波吸収用同期機の試作」, 電気学会回転機研究会資料, RM-93-97, 155 (1993)
- (2) F. Takase *et al.*: "Harmonic Compensation Using a Synchronous Machine with Resonant Field Circuits", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Vol. 12, No. 2, 143 (1997)
- (3) C. P. Steinmetz: "Operating Alternating Motors", *US Patent* 587340 (1897)

深見 正 (正員) 昭和37年12月19日生。平成2年3月金沢工業大学大学院博士課程修了。同年4月三菱電機(株)中央研究所入社。平成4年4月金沢工業大学助手、講師を経て、平成9年4月同助教授、現在に至る。工学博士。第1種電気主任技術者。IEEE会員。