小形誘導電動機の固定子漏れリアクタンスの決定

— 回転子短絡環電流を考慮したサーチコイル法 —

正員 堀井 龍夫 (茨城大学)

正員 久保田 朋次 (茨城大学)

正員 栗原 和美 (茨城大学)

正員 湧井 源二郎 (茨城大学)

Determination of Stator Leakage Reactance of Small Induction Motor

— Search Coil Method considering Current in Rotor End Rings —

Tatsuo Horii, Member, Tomotsugu Kubota, Member, Kazumi Kurihara, Member, Genjiro Wakui, Member (Ibarki University)

キーワード：漏れリアクタンス，サーチコイル，誘導電動機

1. まえがき

誘導電動機の特性格算定結果が，等価回路定数の精度の影響を受けることは明らかであり，漏れリアクタンスの決定法は古くからの重要研究課題の一つである。現在，誘導電動機の固定子および回転子の漏れリアクタンスの分離法として，拘束試験で求めたリアクタンスの値を1/2にする方法が用いられている。これに対し，本報告では固定子漏れリアクタンスを正確に決定する方法として，回転子短絡環電流の発生する漏れ磁束を考慮したサーチコイル法を提案する。

2. サーチコイル

図1に誘導起電力を測定する3種類のサーチコイルを示す。コイルⅠ⁽¹⁾はその中心が被測定相の極の中心に一致するように一極分の幅で設置する。コイルⅡ⁽²⁾およびコイルⅢ⁽³⁾はコイルⅠと同位置で回転子上に設置したものである。被測定相の巻線をオープンにして他の巻線に通電すると被測定相の巻線に対して直角の磁界が発生するので，コ

イルⅡまたはⅢの起電力が最少となるように回転子を移動して固定子に対する回転子の相対位置を決定する。

コイルⅠまたはⅡを使用した場合には測定精度上問題が発生するため，最終的にはこの問題を解決できるコイルⅢを使用して固定子漏れリアクタンス x_1 を決定している。ここで言う測定精度上の問題とは，コイルⅠまたはⅡを使用して x_1 の決定を行う場合に一定の温度条件のもとでコイルの起電力を測定しないと，一定の x_1 を得ることができないということである。この理由は，次のように考えられる。 x_1 を決定するために必要な起電力 E_1 はサーチコイルを使用して測定するが， E_1 は主磁束による起電力でなければならない。しかし，コイルⅠまたはⅡを使用した場合，回転子短絡環電流の発生する磁束がコイルⅠまたはⅡに鎖交することになり，正確な E_1 を測定することができない。この磁束は次のいずれかの磁路を通過するものと考えられる。第1は回転子鉄心，ギャップ，固定子鉄心，回転子端とブラケット間の空気から構成される磁路，第2は回転子鉄心，ギャップ，固定子鉄心，ブラケット，回転子軸から構成される磁路である。上記のようにこの磁束は固定子巻線および回転子導体を鎖交しているが，明らかに漏れ磁束であり， E_1 の測定では排除すべき磁束成分である。また，この磁束は回転子誘導電流が流れる導体の抵抗によってその大きさが変動するため，コイルⅠまたはⅡを用いて決定した x_1 は回転子の温度の影響を直接受けることになる。これら2つのコイルに対して，コイルⅢは回転子短絡環電流の発生する磁束を排除できるコイル配置となっており回転子の温度の影響をほとんど受けずに E_1 を測定することができる。

3. 漏れリアクタンス

相電圧 $\dot{V}_1$ ，入力電流 $\dot{I}_1$ ，とすると固定子漏れリアクタンス x_1 は複素表示の虚部を取り(1)式となる。

(a) コイルⅠ (b) コイルⅡ (c) コイルⅢ

図1 サーチコイルの配置

Fig. 1. Configurations of search coils.

図2 サーチコイル II および III から求めた E_1
Fig. 2. E_1 obtained by search coil II and III.

$$x_1 = \Im \left[(\dot{V}_1 - \dot{E}_1) / \dot{I}_1 \right] \quad (1)$$

基本波の巻線係数 K_{w1} 、一相当たりの巻数 N 、サーチコイルの巻数 n 、サーチコイルに誘起した基本波起電力を E_c とすると、 $\dot{E}_1$ は (2) 式で表わすことができる。

$$|\dot{E}_1| = (N/n) K_{w1} E_c \quad (2)$$

入力電流に対する相電圧および起電力の大きさと位相角を測定すれば固定子漏れリアクタンスを容易に求めることができる。精度向上のため算定式には温度依存性の大きい固定子巻線抵抗は含まれていない。

試料電動機は A, B の 2 種で、いずれも三相、4 極、電圧 200V、巻線係数 0.966、星形結線で、電動機 A は出力 200W、電流 1.2A、巻数 400 回/相、半閉スロットのかご形回転子、電動機 B は出力 600W、電流 3.4A、巻数 224 回/相、閉スロットのかご形回転子である。図 2 はコイル II または III で測定した起電力の大きさ E_1 とその位相角 θ を示したものである。電動機 A は E_1 で約 10%、 θ では約 5° の相違がみられる。電動機 B は、 $I_1 = 3A$ 以下において、コイル II と III による E_1 に相違はみられないが、 θ に多少の相違がある。これは電動機 A の回転子スロットが半閉スロットで線形な特性を有するのに対し、電動機 B は閉スロットのため鉄心の非線形特性の影響が大きいと考えられる。図 3 に電動機 A および電動機 B についてコイル III より求めた漏れリアクタンスおよび拘束試験におけるリアクタンスの 1/2 とする JEC-37 に従った漏れリアクタンスを示している。コイル III より求めた x_1 は、拘束試験の結果とは異なった値を示し、 I_1 に対する変化も小さい。

4. まとめ

回転子短絡環電流によって発生する漏れ磁束を除去できるサーチコイルを用いて起電力を測定し、固定子漏れリアクタンスを精度よく決定する方法を提案した。今回提案し

図3 固定子漏れリアクタンス
Fig. 3. Stator leakage reactance.

たサーチコイル法は簡便な方法ではないが、固定子抵抗および回転子抵抗の温度依存性を除去できるので、サーチコイル法および拘束試験による結果とを合わせると、固定子および回転子の漏れリアクタンスを精度よく分離することが可能である。

最後に試料機を提供して下さった日立製作所習志野工場の小池、猿田、小林、千葉の各氏に感謝致します。

(平成 5 年 6 月 28 日受付)

文 献

- (1) 三木・松瀬・高木:「磁気飽和を考慮した誘導電動機の回路定数について」昭和 50 年電気学会全国大会 No.813
- (2) 久保田・湧井・栗原:「小形誘導機における一次漏れリアクタンスの決定」電学論 D, 112, 183 (平 4-2)
- (3) 堀井・久保田・栗原・湧井・千葉:「小形誘導電動機の固定子漏れリアクタンスの実験的検討」, 平成 4 年電気学会全国大会, No723

堀井 龍夫 (正員) 昭和 27 年 10 月 6 日生。52 年 3 月茨城大学工学部電気工学科卒業。茨城大学工学部システム工学科助手。

久保田 朋次 (正員) 昭和 26 年 12 月 12 日生。49 年 3 月茨城大学工業短期大学部電子工学科卒業。茨城大学工学部電気電子工学科技官。

栗原 和美 (正員) 昭和 29 年 1 月 6 日生。53 年 3 月茨城大学工学部研究科修士課程終了。茨城大学工学部電気電子工学科助手。

湧井 源二郎 (正員) 昭和 4 年 6 月 21 日生。28 年 3 月東北大学工学部電気工学科卒業。茨城大学教授。工学部長。