

断続負荷に対する誘導電動機のトルク特性

長谷川 誠 一・田 畑 季 章

Characteristics of Induction Motor

Torque to Intermittent Load

Seiichi Hasegawa, Toshiaki Tahata

(昭和 53 年 10 月 31 日受理)

1 ま え が き

負荷機械に直結された誘導電動機の軸伝達トルク波形は、電動機の電磁的な発生トルクのみならず、軸系の機械的な回転振動トルクが重畳された形であられることが報告されている¹⁾。筆者らは既報²⁾の装置で軸伝達トルクの測定を行なった結果、軸伝達トルクの挙動は誘導電動機の電磁現象と軸のねじり振動が大きく支配していることが明らかとなった。特にある回転速度範囲においては、電動機が発生する電源周波成分の変動トルクとは無関係な振動成分のトルクが非常に大きくあらわれることが見出された。これは伝動軸によって連結された電動機と負荷機械の回転振動の影響と推察される。この現象は定常負荷状態で発生する一種の共振現象とみなされるが、今回はこの振動現象をさらに検討するため、負荷の渦電流型電気動力計に可変周波数の方形波電圧を印加し、負荷トルクを一定周期で断続させ、電動機に一種の強制振動を与えて軸伝達トルクの変化を測定した。その結果、断続負荷を加えたとき、負荷断続のある周波数において軸伝達トルクの共振現象があらわれ、その周波数は定常負荷状態において同様な現象を生ずる回転周波数の高調波成分に関係することがわかった。

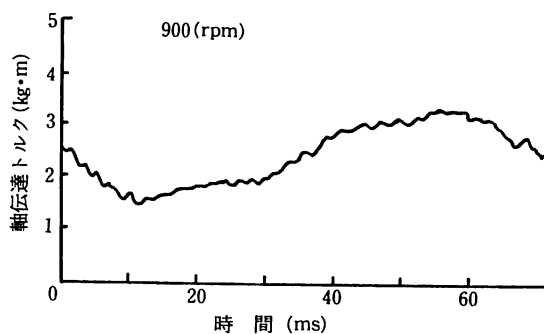
2 定常負荷状態における軸伝達トルク

電動機負荷の渦電流型電気動力計に一定直流電圧を印加した場合の軸伝達トルク波形は、直流成分のほか1回転周期を1(Hz)とする成分(仮に基本波と称する)と電源周波成分および若干の高調波成分を含んだ形となった。

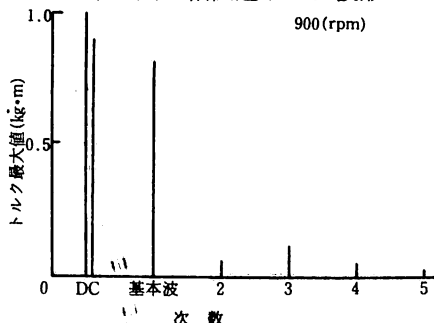
その一例として回転速度900(rpm)の場合の軸伝達トルク波形とその各調波スペクトルをそれぞれ第1図と第2図に示した。この場合、直流成分のほか

では基本波成分が卓越しているが、これは伝動軸部分においてねじり振動を生じているためとみられる。また高調波成分の中では電源周波数に相当する第3高調波成分が大きく、電動機発生トルクの変動の影響が明らかである。

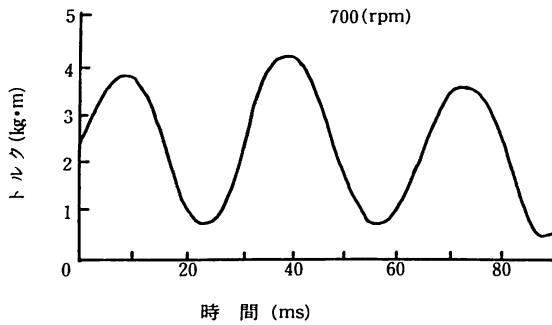
これに対し回転速度700(rpm)の場合について同様の測定を行なってみると、第3図と第4図に示したように伝達トルクの変化は前者と全く様相を異にする。ここではトルク波形にねじり振動による基本波成分はほとんどあらわれず、1回転中に基本波より速い周期で振動する成分が支配的である。その主なものは第3高調波成分であるが、700(rpm)に対しその周波数は約35(Hz)で電源周波数とは一致しない。即ちこれは電動機発生トルクの変動とは別の機械的要因によるトルク変動とみなされる。



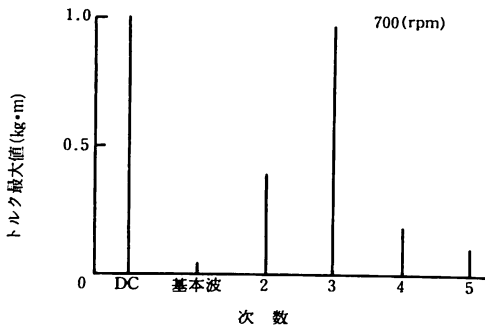
第1図 軸伝達トルク波形



第2図 トルクスペクトル分布



第3図 軸伝達トルク波形

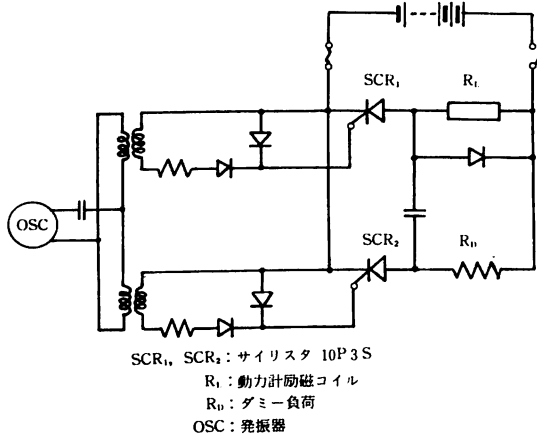


第4図 トルクスペクトル分布

3 実験方法

実験は供試電動機に直結した渦電流型電気動力計を負荷として、これを任意の周波数で繰り返し断続負荷動作を行なわせ、これに対する電動機の応答を測定して行なった。

動力計負荷を断続動作させるためには第5図に示すような直流無接点スイッチング回路を構成して用いた。即ち、全く同じ種類の2つのサイリスタ(東



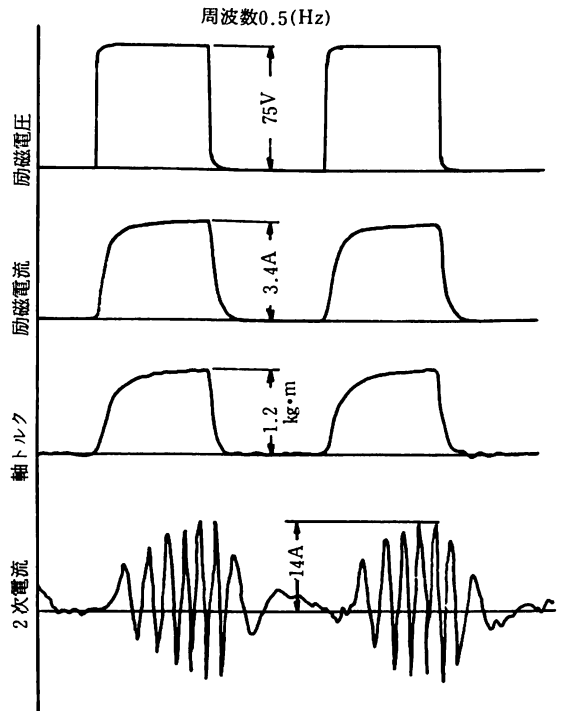
第5図 直流無接点スイッチング回路

芝10P3S)を用いて、動力計負荷とダミー負荷との対称形の回路を構成し、それぞれのサイリスタのゲートにはパルストランスを通じて交互にトリガパルスを与えた。これによりこれらのサイリスタはフリップフロップ動作を行なって負荷に方形波電圧を交互に加える。従ってパルスの周波数を任意に選ぶことによって任意の周波数で動力計を断続負荷動作させることができる。電動機の軸伝達トルクについては、既に前報²⁾で述べているようにストレインゲージを用いたブリッジ回路の出力電圧によって測定した。今回の測定データとしては、電動機の軸伝達トルクおよび2次側電流、また動力計の印加電圧および励磁電流などをメモリモニタによって同時観測し、ペンレコーダに出力して検討した。

4 実験結果と考察

実験結果として種々の周波数で断続負荷動作をさせた場合の電動機の軸伝達トルク、2次側電流、および動力計の印加電圧、励磁電流の関係を示すオシログラムを示す。

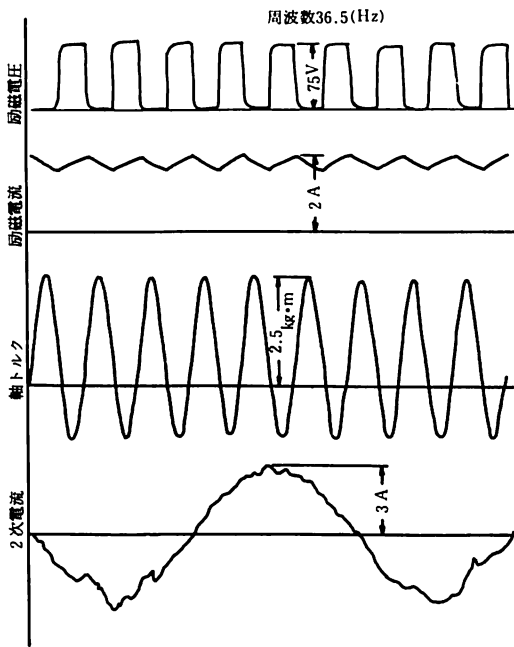
第6図は繰り返し周波数0.5(Hz)の遅い断続負荷変動の場合のものである。この場合、動力計の方形波電圧に対して電動機のトルク、および動力計の励



第6図 断続負荷に対するオシログラム

断続負荷に対する誘導電動機のトルク特性

磁電流は立ち上がりに時定数をもった形でこれに対応する。この程度の遅い繰り返し断続負荷変動に対してはトルクの速応性はじゅうぶんである。なお、電動機の2次側電流もこれに対応するが、電動機の回転速度が生じるため2次周波数にも変動を生じ、時間的にはずれていく。



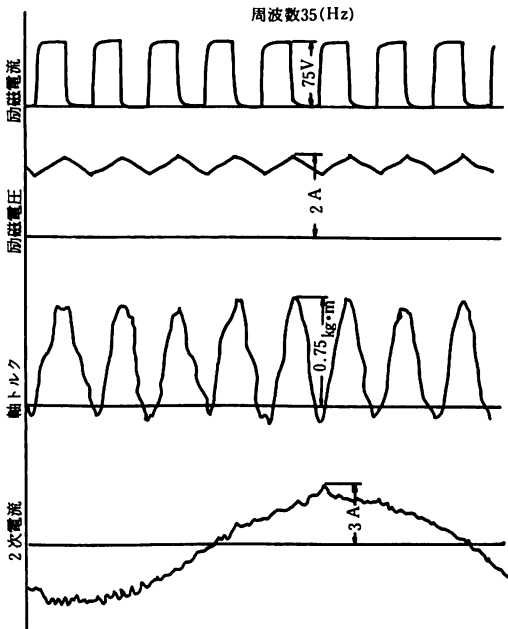
第7図 共振時のオシログラム

繰り返し周波数がこれよりも高くなっていくと、電動機のトルクはその周波数は一致するものの立ち上がり、立ち下りの両曲線は時間的に負荷の方形波電圧に対して遅れをもつようになり、速応性は悪くなる。またトルク波形も微振動を多く含む形状に変化していく。また電動機の2次側電流は微振動を含みつつ、すべりで決まる2次周波数で変動する。さらに動力計の励磁電流は周波数が増加するに従ってその変化が回路の時定数のために電圧変化に速応できず、大きな直流成分に三角波状の脈動成分が重畳した波形をとるようになる。

負荷の断続の繰り返し周波数を変化させて加えてみた結果、いくつかの周波数域においてトルク波形に一種の共振がおこるのがみとめられた。その代表的な例として第7図に繰り返し周波数36.5 (Hz) の場合のオシログラムを示す。この場合、電動機は動力計負荷とともに一種の共振状態にあり、電動機のトルクはこの周波数において急激に増大し、非共振時の数倍の波高値をもって正弦波状に振動している。さらにこの共振が電動機の回転にむらを生じさせ、電動機のトルクは負の値をもつようになる。この共振周波数の帯域はかなり狭い。第8図にこの共振周波数に近い35 (Hz) の場合のオシログラムを示す。この場合は36.5 (Hz) の場合に比べて電動機の2次側電流や動力計の励磁電流はほとんど変わらないのに対し、電動機のトルクの波形は多くの高調波成分を含んだ形となり、その波高値も減少する。

5 ま と め

今回は可変周波の断続負荷変動に対するトルクを中心とした電動機の応答を測定し、検討した。その結果、定常負荷の場合は特定の回転速度においてあらわれたトルクの共振がいくつかの繰り返し周波数域において回転速度にかかわりなくおこるのがみとめられた。特に36.5 (Hz) においてはその現象が顕著にあらわれた。この36.5 (Hz) という繰り返し周波数は定常負荷状態における回転速度700 (rpm) の場合の基本周波の第3高調波成分の周波数約35 (Hz) に極めて近い値である。このことは定常負荷状態における共振現象の存在と深いつながりをとっているものと思われる。今後、さらに負荷の断続に伴う電動機の回転速度の変動、また瞬時電力の変動などを検討した上で断続負荷によるトルクの共振現象を解明していきたい。



第8図 共振周波数近傍におけるオシログラム

長谷川 誠 一・田 畑 季 章

文 献

- 1) 新良由幸他：誘導電動機の過渡現象及び異常現象の直接的シミュレーション 三菱電機技報 Vol 48 No10 1974
- 2) 長谷川, 田畑：ストレインゲージによる電動機のトルク測定装置の試作 秋田高専研究紀要 第12号 No12 1977