

## 速いくり返しのシンクロトロン磁場の安定化

高エネルギー物理学研究所

黒沢 利武

熊田 雅之

宮原 義一

滝川 祐治

染谷 宏彦

佐々木 寛

KEKのブラスター用陽子シンクロトロンの電磁石は、直流磁場(バイアス磁場)と交流磁場とを重ね合せて運転される。陽子ビームは、その交流磁場に同期して、入射、加速され、取り出される。即ち、ビームは、最低磁場(2 kG)で入射され、磁場の上昇に従って、磁場の強さに見合った高周波で、次第に加速され、最高磁場(11 kG)に達したときに取出される。直流磁場は6.5 kG、交流磁場は4.5 kGであり、繰返しは20 Hzである。ブラスターシンクロトロンの特色の1つが、この速い繰返しにある。

磁場を安定にする為に、直流磁場と交流磁場の各々に、それぞれ、2つの方式のフィードバックがかけられている。1つは、6.6 kV、50 Hzの商用ラインの電圧変動に耐える為の、アナログフィードバックである。もう1つは、実際に、電磁石の間隙に発生している磁場を測定して、これと設定値との差をフィードバックするもので、デジタルフィードバックである。

シンクロトロンを利用する立場からは、最高磁場と最低磁場を知りたいわけだが、運転の立場からは、直流磁場と交流磁場とを制御しなければならない。その為到我々の装置では、最高磁場と最低磁場とを、デジタル量で指定すれば、 $B_{dc}(Ref)$ 、 $B_{ac}(Ref)$ に変換されて、フィードバックシステムに組込む様になっている。磁場の測定は、フリックコイルとV-Fコンバーターの組合せで行う。このときのV-Fコンバーターのパルス数  $n$  は

$$n = \int_{t_1}^{t_2} \frac{F_0}{V_0} e dt = \frac{F_0}{V_0} A_0 [B(t_2) \cos \varphi(t_2) - B(t_1) \cos \varphi(t_1)]$$

である。ここで、 $t_1$ 、 $t_2$ 及び $\varphi$ を適当に選べば、 $B_{max}$ 、 $B_{min}$ 、 $B_{dc}$ 、 $B_{ac}$ の各々を測定できる。測定値を用いたフィードバックは、磁場に同期したクロックで指定された時間間隔で行われ、2種類の時間間隔がある。1つは、条件  $|n(Ref) - n(Mea)| \leq 1$  を満足するまでフィードバックを繰返す時のものであり、通常4~5秒程度の時間(T(WAIT))である。他は、先の条件を満たした後、しばらくフィードバックを休止する時間(T(PAUSE))である。これは磁場の変化量と、コイルフリックの機構部の保護と、電磁石の起動から実験開始までの時間との関係で定められるが、2~3分に指定する事が多い。この方式によれば、フィードバックの回数は、起動した当座は、ムンぱんであるが、次第に減っていく。休止時間を2分40秒にしたとき、起動から3時間後の  $[B_{max}(Ref) - B_{max}(Mea)] / B_{max}(Ref)$  は  $4 \times 10^{-4}$  の巾におさまる様になり、6時間後には  $2 \times 10^{-4}$  の巾に入る様になる。休止時間を1分20秒にすると、安定化に要する時間が、先の場合の75%程度に短縮される。

6.6 kVラインの電圧変動は、時間帯の90%が  $\pm 1.6\%$  以内、ピークで  $\pm 2.5\%$  程度であった。

参考文献 KEKレポート; KEK-73-2, KEK-74-7. 物理学学会年会予稿集(75).  
KEK-70レポリント-3(1975).

Fig. 1 電磁石の制御系統

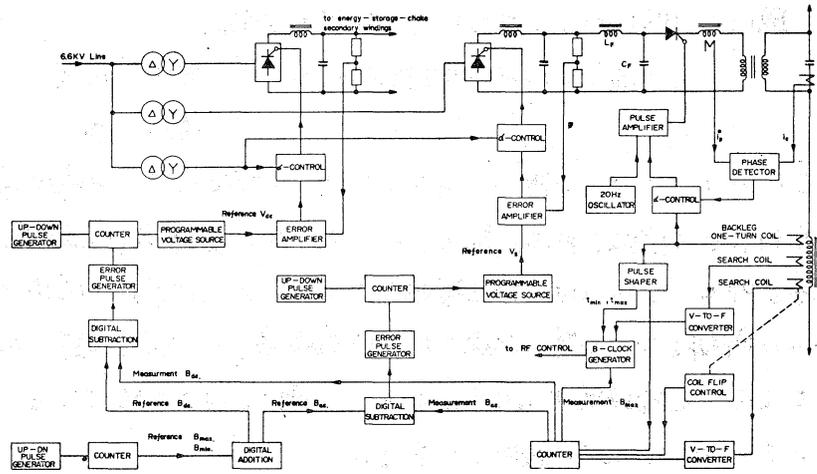


Fig. 1

Fig. 2 電磁石の起動から

1.5時間後.

フィードバックサイ

クルは、6回前後の

フィードバックで構

成されている。

[T(pause) = 2:40 sec.]

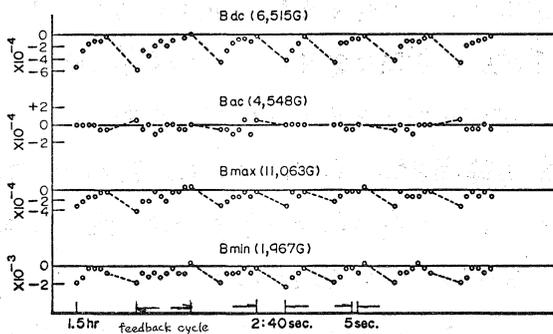


fig. 2

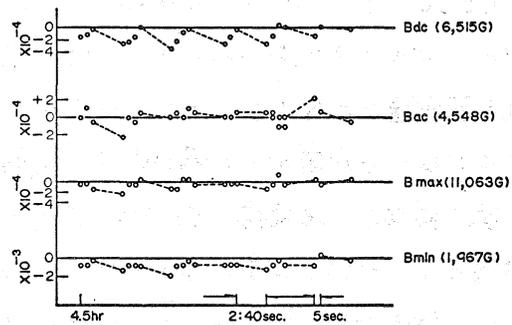


fig. 3

Fig. 3 4.5時間後。フィードバックの回数  
を減少している。

Fig. 4 ほぼ平衡状態に達する。

Fig. 5 Figs. 2, 3 and 4 の各フィードバック  
サイクル中の最大値と最小値とを結  
んだもの。

Fig. 6 T(pause) を減らすと、収束するま  
での時間が短縮される。

[T(pause) = 1:20 sec.]

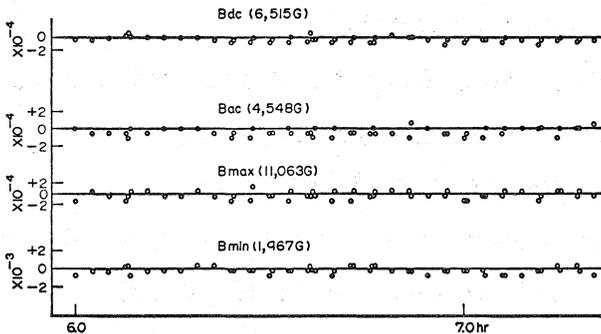


fig. 4

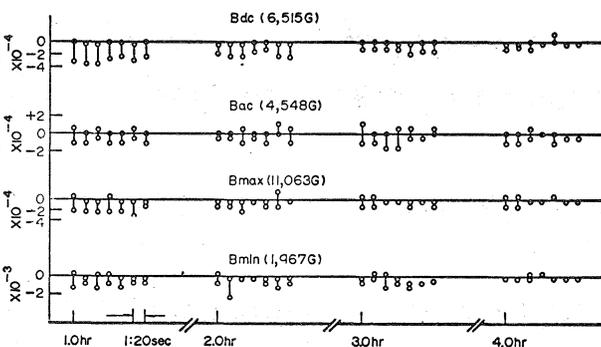


fig. 6

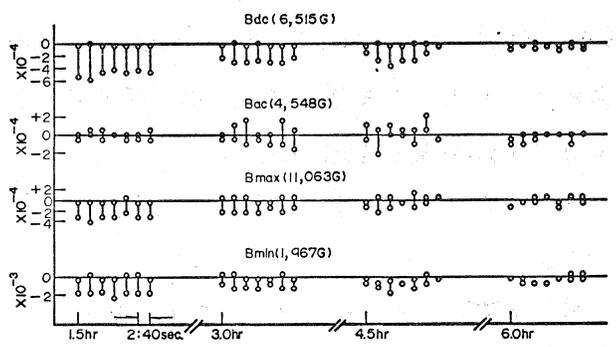


fig. 5