

[P8-15]

A feasibility test of the pulse power supply diagnostic system for the KEK 40 MeV Proton Linac

K. Nanmo, E. Kadokura, J. Kishiro, K. Nigorikawa and E. Takasaki

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

Abstract

Various pulsed power supplies have been used for the KEK 40 MeV proton linac. When a pulse power supply fails, we inspect many electric parts and interlocks, and then repair the power supply with the special techniques. We will construct the pulse power supply diagnostic system using a recent advanced software. This paper will describe a feasibility test of such a system.

パルス電源用故障診断系の試作

1.はじめに

KEK-PS 40 MeV 陽子 LINAC では、非常に多くのパルス電源が動作している。例えば、TH516 用大電力電源 (5MW モジュール)、25 台の Q-mag.パルス電源等である。一方、直流電源と言えども、故障時にはパルス動作をする。

多くの電源を長期間保守・維持するためには、個々の電源の特徴 (特性) を良く把握しなければならない。そのために、電源の専門家の育成が必要となり、又、電源の情報や know-how の正しい継承が重要となる。しかし、現実には、資料の紛失、担当者の移動等により、保守作業に問題が生じる。一方、KEK 加速器のような定常的に運転されている加速器では、専門家を常時配属し、故障時の早急な処置に応じることは難しい。そこで、我々は最近の進歩した回路解析ソフトと電圧・電流波形の監視 (デジタル回路+PC 系の安価) により電源の故障診断系の構築が可能であると考え、今回試作し、その適応性をテストすることにした。このレポートでは、まだ試作が終了していないので、故障診断系の構想 (ハードとソフト) と机上実験例を述べる。

2.故障診断系の構成

今まで機器の制御とは、電源の on/off 操作、電圧/電流の設定、インタロックの監視等が主な仕事であった。他方、加速器のビーム診断の場合の制御系は、ビーム特性の変動を感知し、原因を追求・同定することである。我々は機器の制御に対しても同様の働きをする診断系を導入することにした。

ハードの構成は、PS 制御グループと相談し、横河製 WE7000 とする。WE7000 のモジュール型計測器からモジュールを選定し、構築する。構築例を図 1 に示す。

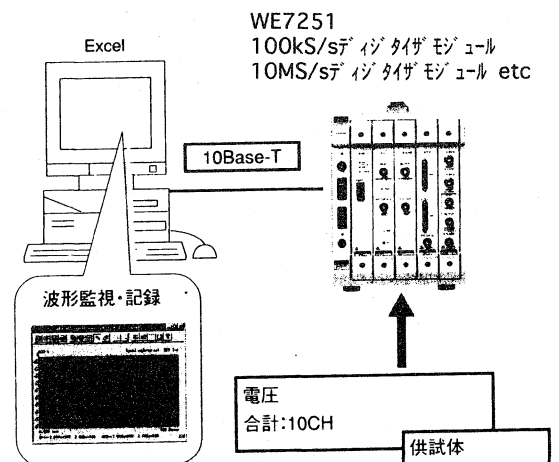


図1;パルス波形監視系の構築例

回路の解析は、通常使用されているプログラム(SPICE/ECAP)を活用する。我々は、正常時並びに異常時の波形の判断基準と長年の経験から学び取った部品の劣化・故障形態を示し、ソフトの中に組み込む。ソフトは、正常時と異常時の波形の差を発生する原因が回路上のどの部品の変化(断線/変動等)であるか探し、対策を示す。

以下の項では、具体的な回路で故障診断系の働きを述べる。

3. 簡単な抵抗並列負荷の場合

本診断系の基本的構想を説明する前に最も簡単な回路、定電流電源に沢山の抵抗負荷が接続され、全電流と抵抗間の電圧を常時監視している場合を想定する。正常時は両方のモニターとも一定値を示す。ある時、写真1の様な波形が観測された。すなわち、電流、電圧モニターには瞬時の変化が現れるが、すぐに一定値を示す。故障診断系は、経験上抵抗の断線の故障が多いことを知っているから、抵抗値の急変を示し、簡単な回路網の計算より何本の断線による電圧・電流波形の変動が同定出来る。

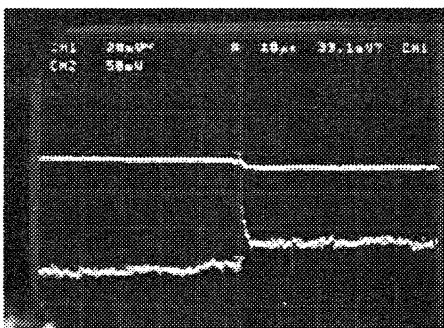


写真1 ; テスト負荷断線時の電圧及び電流波形

4. ドリフトチューブ用 Q-mag.パルス電源

本診断系の導入を考えているドリフトチューブ用 Q-mag.パルス電源について述べる。25年以上の長期間働いてきた Q-mag.電源の制御系の更新(シケンサ化)は、1997年夏季の long-shutdown 中に概ね完了した。¹⁾

この更新により、インタロックの監視、電流値の設定及び電源の on/off 操作は非常に容易に行うことが出来、定常運転には充分有効である。しかし、現実には、パルス波形の変動が時々観測され、故障(変動)場所の発見、原因の追究が要求される。我々は、充電電圧波形並びにパルス電流を常時監視出来る出力を持っているが、時々発生する変動に対応できる監視系を持っていない。そこで、故障診断系の最初の適用回路として、Q-mag.パルス電源を選定した。

a) Q-mag.電源回路と正常モニター波形

Q-mag.電源のパルス部の回路図を図2に示す。正常動作時(我々が許容できる波形であると認める時)の波形(充電電圧、パルス電流)を写真2に与える。

図3に、回路図から考えられる電圧と電流波形の関係を示す。

正常波形と見なした時点で、図2に示した回路の容量、インダクタンス、抵抗値又4ヶのSCRの timing が決まる。

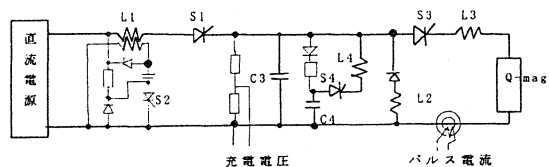


図2 ; Q-mag 電源回路図 (パルス部)

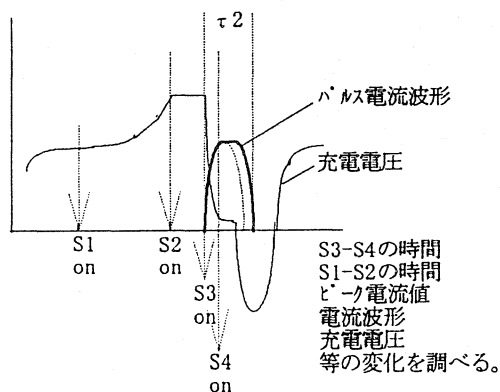


図3 ; 電圧と電流波形の関係

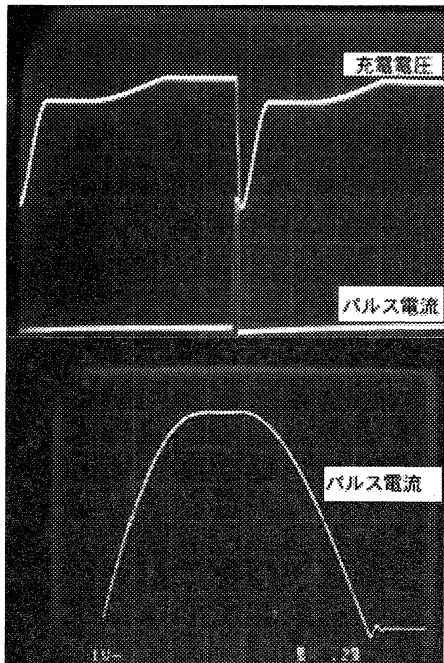


写真2；充電波形及びパルス電流波形

b) ハート部は、常時波形を観察する。我々が正常波形と判断する許容範囲外の波形を検知した時、即ち、写真3に見られる波形を検知した時、異常波形の発生（異常時と言う）を通知し、正常時と異常時の波形の差を表示する。

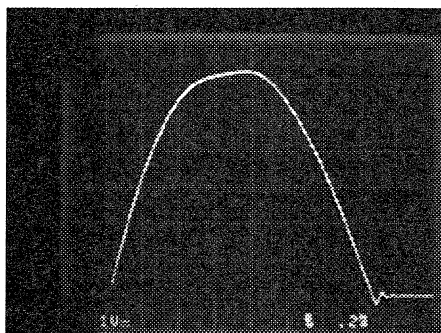


写真3；パルス電流波形（異常時）

c) 解析は、正常時と異常時の波形の差が、回路のどのパラメータの変化に起因するか追求することになる。その結果、どの部分の定数が変化し、それが回路のどの部品の変化によるか表示し、対処の作業を促す。当然、ソフト製作時、長期の運転経験により得られた know-how 又設計時の色々な know-how 等が含まれば、

解析時間の短縮等の効果があると思われる。

写真3に示すような異常パルス電流が観測された時（パルス電流の flat 部の異常）、故障診断系は、図2に示した回路の SCR4(S4)の周辺部の状況変化（専門家の事前の情報で与えられているかもしれないが）であると判断し、どの部分の異常によるか追求する。診断結果として S4 の timing 変動によると、表示するだろう。
d) 診断の結果、我々はその部分の修理を実施する。

最後に、

通常、インタロックの監視系から、動作したインタロックの順序並びに種類の情報を得る。そこで、故障の原因等を追求し、修理する。しかし、我々の場合、**時たま発生する異常状態**（ビームの特性に影響する状態）を如何に監視し、早急に対応するかが問題になる。その夢のような故障診断系の構築を目指している。我々の機器に活用できる診断系が出来ればよいと思っている。

参考文献

1) T.TAKENAKA et al. Proc.22nd Linear Accelerator Meeting in JAPAN, Sendai, 1997