

22a-3

Pulse Modulator for 85MW klystron in ATF Linac

Mitsuo AKEMOTO and Seishi TAKEDA
 KEK, National Laboratory for High Energy Physics
 Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

ABSTRACT

Nine 85 MW klystrons (TOSHIBA E3712) are used as rf sources of the ATF linac. The klystron needs a 400 kV beam voltage pulse with a 4.5 μs flat top. Three new compact modulators are under construction. They are conventional line type modulator with two parallel pulse forming networks (PFN's) with 14 stages. The PFN's are charged in the resonant command charging mode by a 25 kV common DC power supply. The charging voltage of the PFN's is controlled with an accuracy of ±0.05% by a deQing system connected in parallel to a charging choke. A compact capacitor with a long lifetime has been developed to obtain compact PFN. The design, specifications and results of preliminary tests of the modulator are described in this paper.

ATFリニアックの85MWクライストロン用パルス変調器

1. はじめに

リニアコライダ- [1]では、クライストロン用パルス変調器を小型化、長寿命化そして高効率化させる必要がある。この技術開発を進めるためには、主要構成部品であるコンデンサ、スイッチ、トランス等の要素技術の開発をはじめ、電源システム全体にわたり、コスト、信頼性及び保守性等を考慮した研究開発をすることが必要である。ATFリニアック [2]では、積極的にこれらの研究開発を進めている。本稿では、昨年度3台製作したコンパクトな85MWクライストロン用パルス変調器について報告する。

2. DC電源共通方式の電源システム

ATFリニアックでは、11台のクライストロン用パルス変調器が使用される。その内7台が、図1に示す、DC電源共通方式の電源システムを構成する。[3]このシステムの開発目的は、DC電源部のコストの低減化とパルス変調器の小型化を狙ったものである。今回製作したパルス変調器3台はこのシステムに接続される。

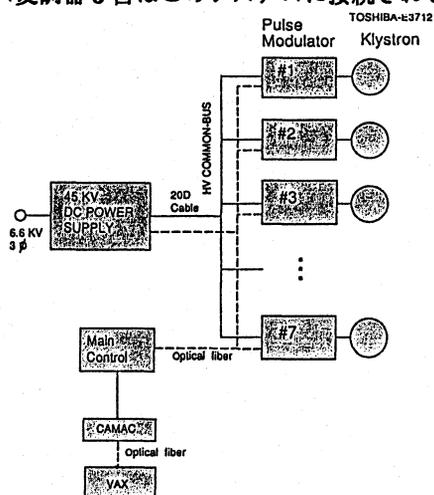


図1 DC電源共通方式の電源システム

3. クライストロン

JLCのSバンドリニアック用として開発された東芝E3712型クライストロンを使用する。[4]表1に85MW運転時でのE3712型クライストロンの主なパラメータを示す。

表1 E3712型クライストロンの運転パラメータ

ピーク出力電力	85 MW
パルス幅	4.5 μs
ビーム電圧	397 kV
ビーム電流	485 A
効率	44 %
パービアンス	1.94 μAV ^{3/2}
繰り返し	50 pps

4. パルス変調器

表2にパルス変調器の主な仕様を示す。パルス変調器は、充電回路、放電回路及びパルストランスから構成され、その回路構成を図2に示す。筐体のサイズは、幅2.5m、奥行1.5m、高さ2.2mとコンパクトで外観を図3に示す。以下に概要を述べる

表2 パルス変調器の仕様

パルス出力電圧	400 kV
パルス出力電流	500 A
パルストランスの昇圧比	1:16
パルス立上り時間(10-90%)	0.8 μs
パルス幅(半値全幅)	7.5 μs
パルス平坦部	4.5 μs
パルス平坦度	< ±0.5%
繰り返し	最大50 pps

4-1. 共振コマンド充電方式

パルス成形回路(PFN)のコマンド充電する方法としてホールドオフダイオードの代わりに、SCRを44個直列接続した半導体スイッチを採用した。コマンド充電はサイラトロンに十分な回復時間を与えることができた、充電異常時に次の充電を止めることが可能となる。特に、DC電源共通方式の電源システムでは、この方式によって、個別にパルス変調器の充電を制御することができるため、電源システムの安定化に大きく寄与する。但し、スイッチがSCRであるため、SCRのアノード側の電圧を下げるのでできない充電期間中は充電を止めることはできない。充電トランスの1次インダクタンスは、8.5Hで充電時間は最大繰り返し周期の半分となる約10msである。トリガーのタイミングは、コマンド充電トリガーを出して15ms後、メイン(サイラトロン)トリガーが与えられる。従って、サイラトロンの回復時間に5ms以上与えることができる。

4-2. PFN及びEOL回路

PFNは14段2並列で構成され、特性インピーダンスは3.0Ωで約5%のポジティブ・ミスマッチで設計した。コマンド充電方式なので、サイラトロンの回復時間を十分確保できるため、EOL回路はダイオードと抵抗のみの直列接続とし、サイラトロンに逆電圧をつくるための電圧非直線抵抗素子は用いなかった。

4-3. PFN用コンデンサ

PFNの小型化を図るために、コンパクトな自己回復型コンデンサを開発した。コンデンサの小型化には、誘電体の電位傾度をいかに高く取り得るかで決る。従来の箔電極方式では電極端のコロナの発生による寿命低下に伴い電位傾度が約60V/μm(設計寿命50ppsで設計寿命80,000時間)が限界であった。そこで絶縁耐力の高いプラスチックフィルムを使用し、絶縁弱部部を電圧印加でクリヤリングできる自己回復方式とし、且つクリアエネルギーを抑制する分割方式を採用することによって電位傾度が約120V/μmまで高めることが可能になった。今回製作した定格容量0.045μF、定格電圧55kV、試験電圧60kVDC(1分間)のコンデンサが240mmX90mmX162mmの箱形金属ケースに収納することができ、エネルギー密度(蓄積エネルギー/コンデンサケースの容積)が19.4kJ/m³と同一寿命で従来のものと比べて2倍以上高く取ることができる。

4-4. サイラトロン

これまで、最大定格75kVのITT社製のF-157を主に使用してきたが、コストの削減及びサイラトロンサーチの点から、今回ITT社製のF-331及びEEV社製のCX1536Aを使用する。両方とも最大定格50kV、重水素封入、空冷で使用する。

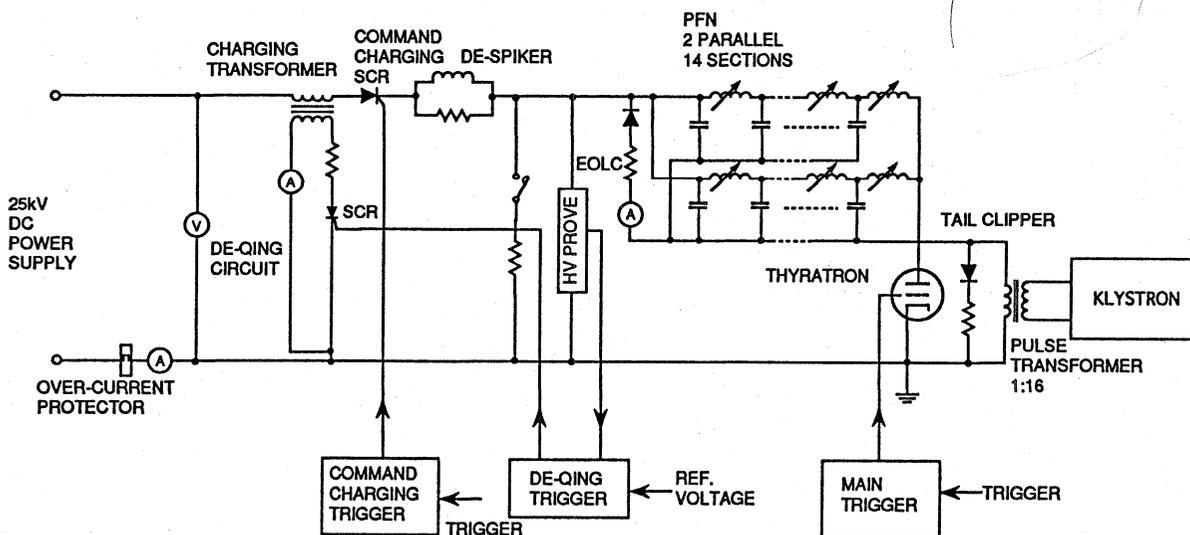


図2 パルス変調器の回路構成

4-5. テールクリッパー回路

パルストランスの使用から、パルスが終了してから、その出力電圧は必ず逆方向にはねかえり、十分な時間が経過したのち0になる。この逆電圧が小さい場合は問題にならないが、特に、サイラトロンが劣化したりまたリザーバ電圧が低いとサイラトロンの導通期間が短い場合(例えば数十 μ s)、それが短い程パルストランスの残留励磁エネルギーが大きいため大きな逆電圧を発生しクライストロンに悪影響を及ぼす。これを防止するためにパルストランスの1次側にクリッパー回路を設けた。

5. 出力電圧・電流波形

現在、パルス変調器は調整試験中である。PFN未調整で、DC入力電圧25kV、水模擬負荷[5](3.0 Ω)に接続してのパルス出力波形の例を図4に示す。出力電圧・電流波形は、それぞれTektronix製高圧プローブP6015A、Pearson製CT301Xで測定した。ピーク電圧は23.0kV、ピーク電流は7.6kA、半値全幅は7.7 μ s、立ち上がり時間(10-90%)は0.3 μ sであった。

6. まとめ

ATFリニアックではクライストロン用パルス変調器を小型化、長寿命化そして高効率化させる技術開発を行っている。自己回復型PFNコンデンサの開発によりパルス変調器の小型化が可能になった。現在、共振コマンド充電方式のパルス変調器の試験が行われている。

謝辞

このパルス変調器の製作にあたっては(株)東芝小向工場の三沢英夫氏、寺村弘氏、PFNコンデンサの開発についてはニチコン(株)草津工場の坂口博数氏に大変お世話になった。ここで謝意を表したい。

参考文献

- [1] JLC Group, "JLC-I" KEK Report 92-16, (1992).
- [2] S. Takeda et al., Proc. of this meeting.
- [3] M. Akemoto et al., "Operation of Klystron Modulator with HV Common-Bus for Accelerator Test Facility," Proc. of the 15th Linear Accelerator Meeting in Japan, Hokkaido, 294-296(1990).
- [4] H. Yonezawa et al., "Development of a 100 MW S-band Pulse klystron," Particle Accelerators, 1990, Vol. 30, pp. 219-224.
- [5] M. Akemoto et al., "100kW Dummy Load Using Water for a Klystron Modulator," Proc. of the 8th Symposium Accelerator Science and Technology, Wako, Saitama, Japan, 179-181(1991).

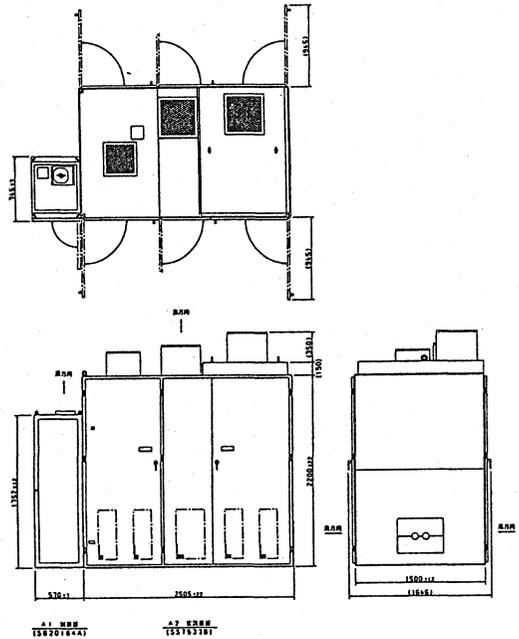


図3 パルス変調器の外観図

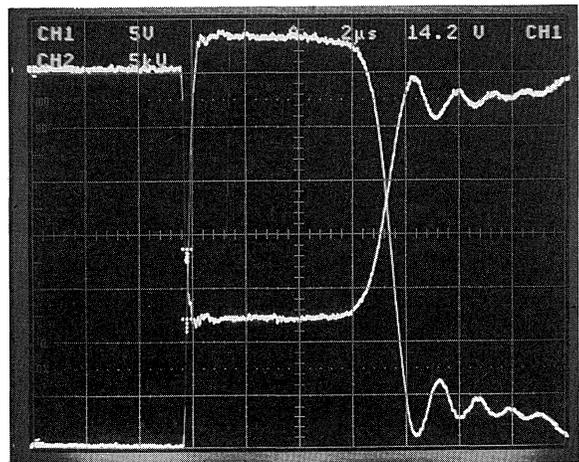


図4 パルス出力波形(H: 2 μ s)
 上: パルス出力電圧波形(ピーク:23.0kV, 5kV/div)
 下: パルス出力電流波形(ピーク:7.6kA, 1kA/div)