

# パルス運転型トカマク炉における電力補償システムの検討

—NAS電池及び熔融塩熱貯蔵システムの評価—

# A Study of Power Compensation System in Pulsed Operation Tokamak Reactor

## -Evaluation of NAS Battery and Molten Salt Thermal Energy Storage System-

濱田 敏弘, 岡野 邦彦<sup>1</sup>, 日渡 良爾<sup>2</sup>Toshihiro HAMADA, Kunihiro OKANO<sup>1</sup>, Ryoji HIWATARI<sup>2</sup>東大新領域、慶應理工<sup>1</sup>、電中研<sup>2</sup>Frontier Sciences Univ. of Tokyo, Science and Technology Keio Univ.<sup>1</sup>, CRIEPI<sup>2</sup>

パルス運転型トカマク炉においてはCS保有磁束のリチャージのため日に1回以上の休止が必要である[1][2]。運転休止時間中は同プラントからの電気出力は停止し、系統電力に対しプラント出力レベルの出力変動を与えてしまう。この対策として休止時の電力補償システムを検討する。定常炉の負荷平準化用途での活用も視野に入れる。

核融合プラントとしてTable 1 に示すパルス型トカマク炉を想定する．補償対象電力は休止時間の送電電力，所内電力，NBI電力およびCSリチャージ電力とし，系統からの電力消費は無いとする．また電力補償装置への充電電力は核融合プラントの発電電力からすべてまかなうこととする．なお電力補償装置の補助電力は考慮しない．

まずNAS電池による電力補償システムを検討する。Fig. 1 にその概要図を示す。構成要素としてはNAS電池の他、交直変換装置（PCS）が必要となる。構成は実証中の二又風力発電所NAS電池システムを参考に[3]、PCSおよびNAS電池の仕様等についてはそれぞれのメーカーホームページを参考にした[4][5]。運転休止時間に必要な最大電力  $P_{e(dw)}$  およびNAS電池出力  $P_{e(B)}$  は

$$P_{e(dw)} = P_{net} + P_{BOP} + \max\{P_{SNB}, P_{mgn(CS)}\} \quad (1)$$

$$P_{\text{e(B)}} = P_{\text{e(dw)}} / \eta_{\text{disc(B)}} \quad (2)$$

ここで  $P_{\text{mgn(CS)}}$  はCSリチャージ電力である。(1)式最終項は、起動・停止時のNBI利用時刻及びCSリチャージ時刻は重ならず両電源は共有できるため、最大電力としてはどちらか大きい電力のみ考慮すれば良いことを意味する。本論ではNBI電源をCSリチャージに流用すると仮定した。 $\eta_{\text{disc(B)}}$  はNAS電池システムの総合放電効率で87.6%とした[3]。その結果、 $P_{\text{e(B)}} = 961\text{MW}$  となりNAS電池ユニットの定格出力を2MWとすれば最低481基必要となる。核融合プラント運用期間を30年、平均稼働率を75%とすると、総運転回数は49600回となるが、NAS電池の放電深さは8%強に留まるため電池サイクル寿命としては20万回程度と考えられる[6]。よって電池は交換不要でPCSのみ1回程度の

交換が必要となる。NAS電池単価およびPCS単価を現時点の単価 15万円/kW (2.5万円/kWh), 14.4万円/kWと仮定すると、割引率2%を用いてもNAS電池システム導入維持コストは3900億円に上る。

現在、2-tank溶融塩熱貯蔵システム[7]について同様に評価しており、後日報告予定である。

Table1 Parameters of Pulsed Tokamak

Table 1. Parameters of the Fused Tokamak		
Electric output	$P_e$ (MW)	742.2
Net electric output	$P_{net}$ (MW)	691.9
Balance of plant	$P_{BOp}$ (MW)	50.3
NB Source Power	$P_{SNB}$ (MW)	99.8
Major radius	$R_p$ (m)	10.01
Aspect ratio	$A$	4
Elongation at 95% flux surface	$\kappa_{95}$	1.66
Triangularity at the 95% flux surface	$\delta_{95}$	0.33
Troidal field max	$B_{tmax}$ (T)	11.7
Troyon coefficient	$\beta_N$	2.1
HH factor	$H_{98y2}$	0.788
CS radius	$R_{CS}$ (m)	3.805
Maximum pulse duration (pulse frequency including dwell time of 0.5hr, plant availability)	$\tau_{op}$ (hrs)	3.472
Plant availability	$f_{av}$ (day <sup>-1</sup> )	4.531
		0.75

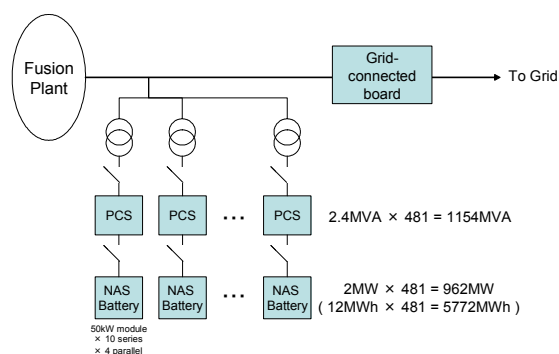


Fig.1 NAS Battery System Schematic

- [1] Y. Ogawa *et al.*, Fusion Technology **24** (1993) 188
- [2] G. T. Sager *et al.*, Fusion Eng. Des. **29** (1995) 43
- [3] N. Kawakami *et al.*, Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium on, 2371- 2376
- [4] <http://www.ngk.co.jp/product/nas/introduction/> by NGK Insulators, Ltd. on 24 Oct., 2013 (in Japanese)
- [5] [http://www.meidensha.co.jp/pages/product/prod01/prod01\\_10/prod01\\_10\\_01.html](http://www.meidensha.co.jp/pages/product/prod01/prod01_10/prod01_10_01.html) by Meidensha Corp. on 24 Oct., 2013 (in Japanese)
- [6] N. Lu *et al.*, PNNL-18679 (2009) Figure 2
- [7] D. A. Brosseau *et al.*, SAND2004-3207 (2004)