

# **$R=0.8m$ , $A=1.25$ 인 구형또까마크에서 폴로이달권선전류 변화에 기초한 플라즈마안전결수분포특성에 대한 연구**

김효성, 리승창, 리승길

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《세포공학, 유전자공학, 초고압물리학, 극저온물리학을 발전시키며 원자에너지, 태양 에너지를 비롯한 새로운 에너지를 개발하며 레이자와 플라즈마를 깊이 연구하여 인민 경제에 널리 리용하도록 하는데 힘을 넣어야 하겠습니다.》(《김일성전집》 제 72 권 292 페이지)

플라즈마안전결수분포를 밝히는것은 구형또까마크에서 플라즈마의 안정성문제를 연구 하는데서 중요한 문제로 나서며 리론적으로나 실험적으로 연구[1, 2]가 많이 진행되였다.

우리는 평형해석프로그램을 리용하여  $R=0.8$ ,  $A=1.25$ 인 구형또까마크의 폴로이달권선전류 변화에 따르는 폴로이달자기마당의 분포를 계산하여 주변경방향에 따르는 안전결수분포를 결정하였다.

## **1. 폴로이달권선전류변화에 따르는 폴로이달자기마당분포**

움가열권선전류  $I_{OH}$ 를 고정시키고 폴로이달권선전류  $I_{PF1}$ ,  $I_{PF2}$ ,  $I_{PF3}$ 을 변화시키면서 폴로이달자기마당분포를 계산하였다.

$I_{OH}=-1.2MA$ ,  $I_{PF1}=0.2MA$ ,  $I_{PF2}=-0.2MA$ ,  $I_{PF3}=-0.3MA$ 일 때 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당 분포는 그림 1과 같다.[1]

그림 1에 기초하여  $I_{PF1}$ ,  $I_{PF2}$ ,  $I_{PF3}$ 을 변화시키면서 폴로이달자기마당분포를 계산하였다.

$I_{PF3}$ 을 변화시킬 때 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포는 그림 2와 같다.

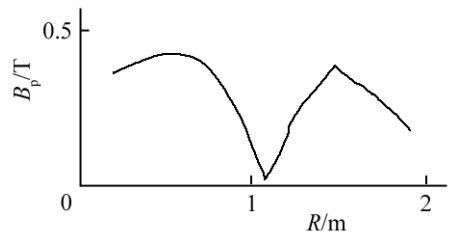
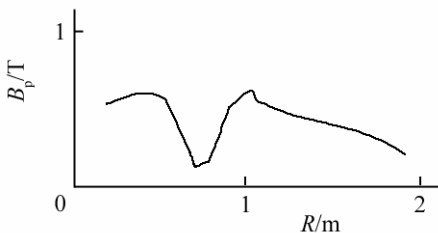
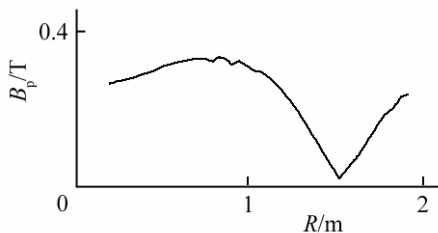


그림 1. 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포



ㄱ)



ㄴ)

그림 2. 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포

ㄱ)  $I_{PF3}=-0.5MA$ , ㄴ)  $I_{PF3}=-0.2MA$

그림 2에서 보는바와 같이  $I_{PF3}$ 의 변화에 따라 폴로이달자기마당의 극소점이 주변경방향에서 크게 변한다는것을 알수 있다. 이것은 PF3권선전류가 플라즈마안전결수분포에 미치는 영향이 크다는것을 의미한다.

$I_{PF2}$ 를 변화시킬 때 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포는 그림 3과 같다.

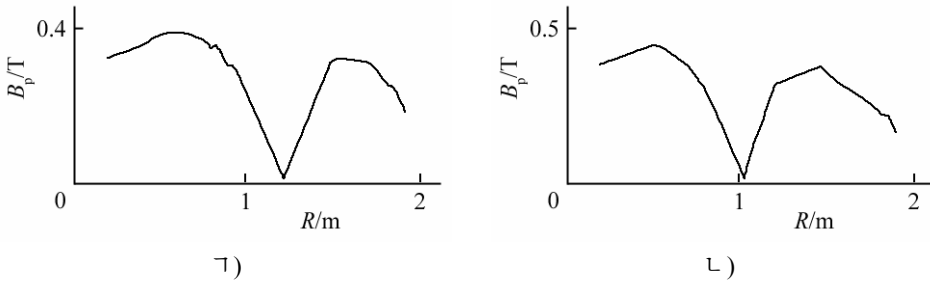


그림 3. 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포

ㄱ)  $I_{PF2} = -0.1\text{MA}$ , ㄴ)  $I_{PF2} = -0.3\text{MA}$

그림 3에서 보는바와 같이  $I_{PF2}$ 의 변화에 따라 폴로이달자기마당극소점이 상대적으로 약간 이동하였다. 즉 PF2권선전류는 PF3권선전류보다 안전결수분포에 영향을 적게 미친다는것을 알수 있다.

$I_{PF1}$ 을 변화시킬 때 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포는 그림 4와 같다.

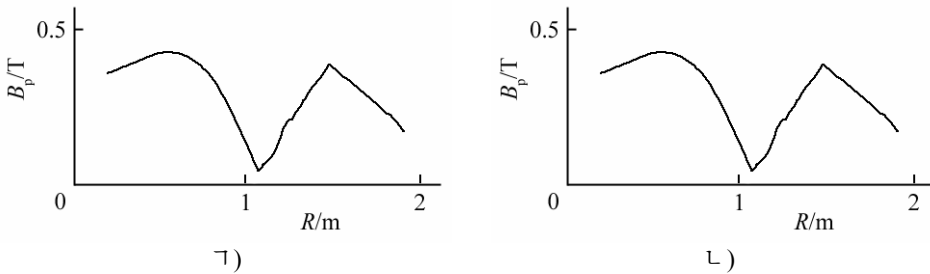


그림 4. 주변경방향에 따르는 폴로이달자기마당분포

ㄱ)  $I_{PF1} = 0.3\text{MA}$ , ㄴ)  $I_{PF1} = 0.1\text{MA}$

그림 4에서 보는바와 같이  $I_{PF1}$ 의 변화에 따라 폴로이달자기마당극소점이 거의나 움직이지 않고 분포곡선도 비슷하였다. 따라서 PF1권선전류는 안전결수분포에 거의나 영향을 미치지 않는다는것을 알수 있다.

## 2. 주변경방향에 따르는 플라즈마안전결수분포

토라스를 따라 꼬인 자력선을 가지는 자기마당에서 자력선이 토로이달방향으로 주축주위를 한번 돌았을 때 부축주위를 폴로이달방향으로 각도  $l$ 만큼 돌았다면

$$\frac{\rho l}{2\pi R_0} \approx \frac{B_p}{B_t}$$

가 만족된다. 여기서  $B_p$ ,  $B_t$ 는 각각 폴로이달, 토로이달자기마당세기,  $\rho$ 는 주변경방향의 거리,  $R_0$ 은 토로이달반경이다.

따라서 돌기변환각은 다음과 같다.

$$\iota = 2\pi \frac{R_0}{\rho} \frac{B_p}{B_t} \quad (1)$$

토라스장치에서 플라즈마의 안정성 정도는 안전결수

$$q = \frac{2\pi}{\iota} = \frac{\rho}{R_0} \frac{B_t}{B_p} \quad (2)$$

에 의하여 평가할수 있다.

그림 1의 폴로이달자기마당분포에 대하여 주 반경방향에서 식 (2)로 플라즈마안전결수를 계산한 결과는 그림 5와 같다.

그림 5로부터  $R=0.8$ ,  $A=1.25$ 인 구형또까마크에서 주반경방향의  $0.8 \sim 1m$ 구역에서  $q \geq 1$ 로서 플라즈마는 비교적 안정한 상태로 볼수 있으며  $R > 1$ ,  $R < 0.8$ 인 구역에서는 불안정하다는것을 알수 있다.

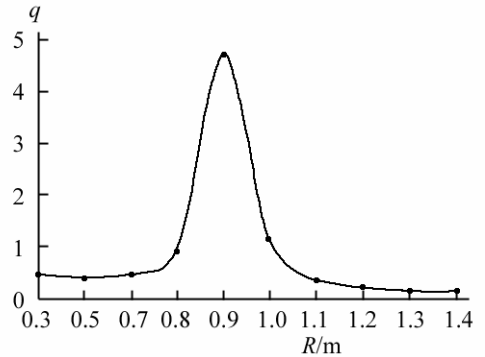


그림 5. 주반경방향에 따르는 플라즈마안전결수분포

맺 는 말

$R=0.8$ ,  $A=1.25$ 인 구형또까마크의 폴로이달권선중에서 플라즈마안전결수분포에 미치는 영향은 PF3권선에서 제일 크고 PF2권선은 PF3보다 상대적으로 작으며 PF1권선은 거의나 영향을 미치지 않는다.

주반경방향의  $0.8 \sim 1m$ 구역에서 플라즈마안전결수는  $q \geq 1$ 로서 플라즈마가 비교적 안정한 상태에 있으며  $R > 1$ ,  $R < 0.8$ 에서는 불안정하다.

참 고 문 헌

- [1] W. A. Cooper; Plasma Phys. Control. Fusion, 24, 437, 1982.
- [2] C. G. Gimblett et al.; Plasma Phys. Control. Fusion, 53, 1, 2011.

주제104(2015)년 12월 5일 원고접수

## Plasma Safety Factor Distribution Characteristics based on the Poloidal Coil Current Change in $R=0.8m$ , $A=1.25$ Spherical Tokamak

Kim Hyo Song, Ri Sung Chang and Ri Sung Gil

In the poloidal coils of the  $R=0.8$ ,  $A=1.25$  spherical Tokamak, the effect on the distribution of plasma safety factor is the highest in PF3 coil. Plasma lays in the stable state around  $0.8 \sim 1m$  of main radius direction.

Key words: spherical Tokamak, poloidal, plasma safety factor