

タンクの発熱と電場分布に関するまとめ

2000年4月28日

KEK 加藤隆夫

DTLタンクの電場分布については次の2種の簡単なレポートを発表している。

- 1) 1998年7月10日 DTL TANK distribution
- 2) 1999年6月9日 DTの水冷についての重工計算結果 (注1)

これらの結論は以下の通り。

- 1) duty 10%の高周波発熱による電場分布の乱れは、チューナー2本で補正した場合に、 $\pm 0.75\%$ 。
- 2) 上の評価には、ポストカップラーによる改善率は含まれていない。これはfactor 5以上と評価出来る。
- 3) 上の評価には、タンク外壁の温度上昇による改善率は含まれていない。これは、改善する方向であり、外壁の冷却性能、DT軸方向寸法、材質等に依存する (注2)。
- 4) DT内部に四極パルス電磁石からDT表面への熱の流れが存在する。50 Hz運転の場合に、パルス第一電磁石の発熱量は約800Wとなる。現在の製作法によれば、磁石発熱の8%程度が外側に漏れる事になり、60W程度となる。これは高周波発熱の約70%である。無視できる大きさではないが、全体の結論を変える程の大きさではない。実際にも、ABAQUSによる高周波10%の場合と高周波10%+磁石40%の場合では、温度上昇及びDT変形とも僅かの違いとなっている (+20%程度)。
- 5) 空洞の電場分布に寄与するのは、熱量自体ではなくて、熱量のタンク軸方向の変化量である。総熱量はチューナーによる周波数補正量をかえるのみ。
- 6) 電場分布解析の基礎となる perturbation method は、電場分布が、DTのない円筒空洞の電場分布により近似できる事を利用しており、局所的な周波数の擾動と電場分布を Fourier 解析にて扱う。

注1) ABAQUSによるDTの変位分布を周波数変化に換算。なお、本計算実施後に、DT外壁と内部の冷却ジャケットのすき間を0.3から0.1mmに変更した。このギャップにはエポキシが充填される。この変更により、熱伝導が倍になって、両者の温度差は半分になる。

注2) g =gap length, L =cell length, s =DT length, α = thermal expansion coefficient, ΔT =temperature rise とすれば、 $\Delta g = \alpha' \Delta T' L - \alpha \Delta T s = \alpha (\Delta T' L - \Delta T s) = \alpha \Delta T (L - s)$

ABAQUS 計算結果例 (タンク No.1 の最初と最後の DT、冷却水温 25 度)

| DT number | 1 | | | 77 | | |
|---------------|----|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
| DT length | 53 | | | 120 mm | | |
| | 温度 | max 変化(μ m) | Δf (kHz) | 温度 | max 変化(μ m) | Δf (kHz) |
| RF 3% | 29 | 3 | -2.82 | 32.5 | 7 | -3.77 |
| RF 10% | 41 | 11 | -9.48 | 48 | 23 | -12.66 |
| RF 3+Qmag 40% | 31 | 4.5 | | 32.5 | 7.5 | |
| RF10+Qmag40% | 41 | 12.5 | | 48 | 23.5 | |