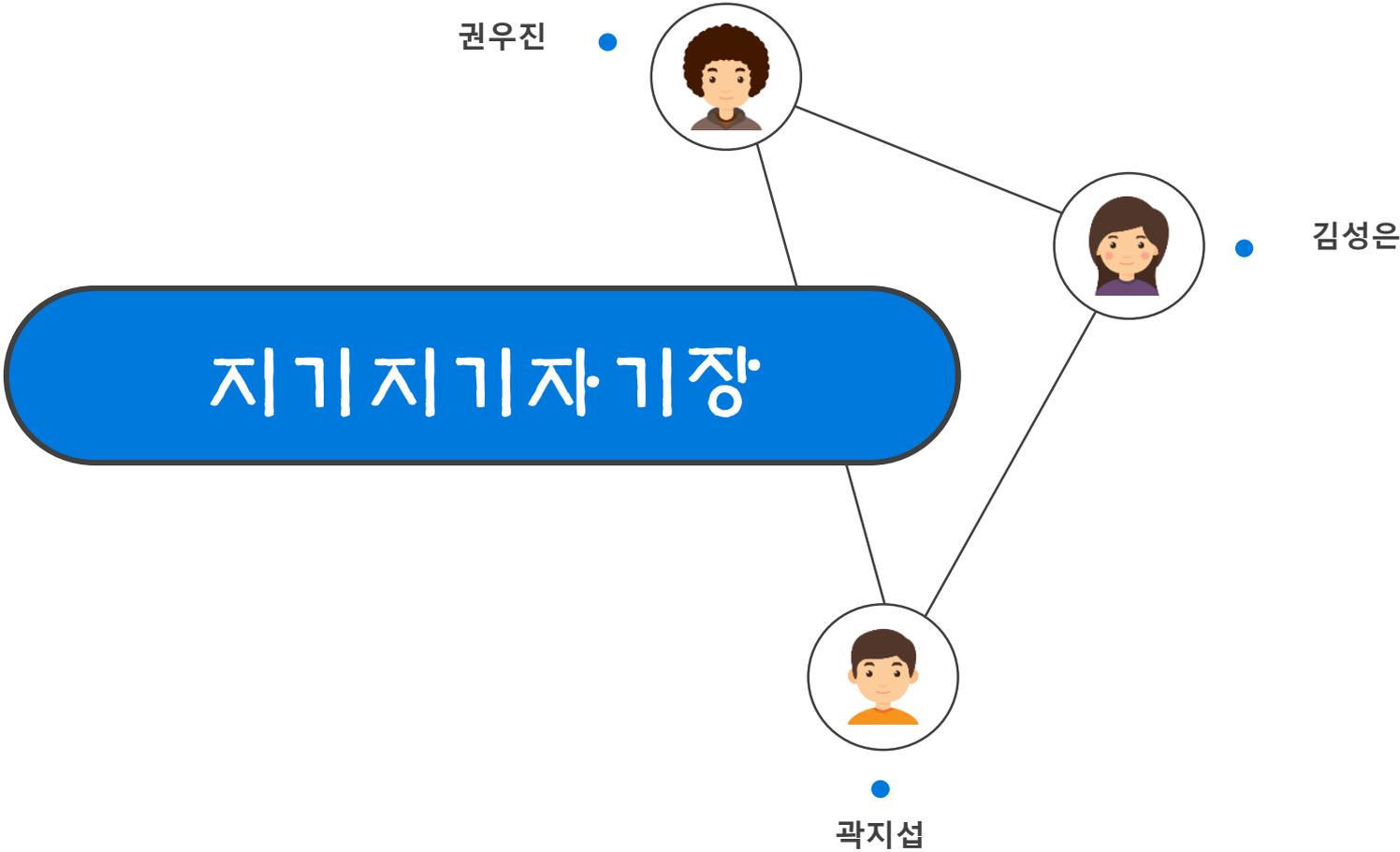


Halbach Array를

사용한

PMSM 분석



목차

주제

Modeling

해석

결과



주제

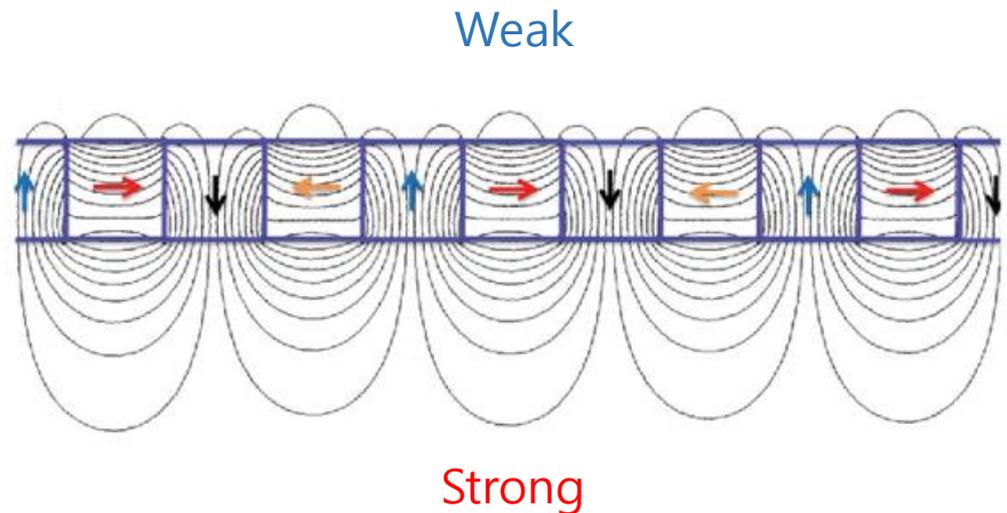
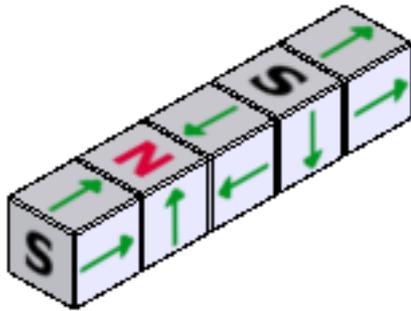
Halbach array를 이용한
PMSM 분석



Halbach Array?

Halbach Array

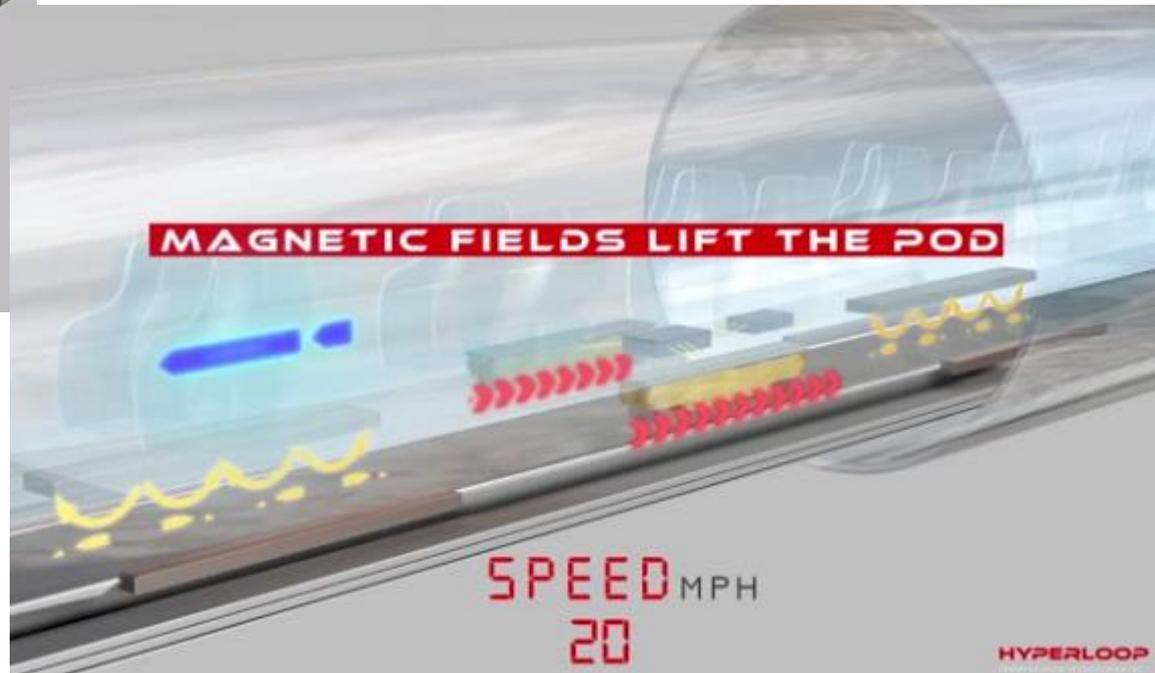
이 배열은 공간적으로 회전하는 자력패턴을 갖고 있어, 한쪽 면에 강한 자기장을 생성하고 반대쪽 면에는 매우 작은 자기장이 흩어짐



Halbach Array?

HYPERLOOP

Tesla 의 Elon Musk 가 이끌고 있는 진공튜브 열차 유형의 고속철도. 서울 - 부산 16
분





주제



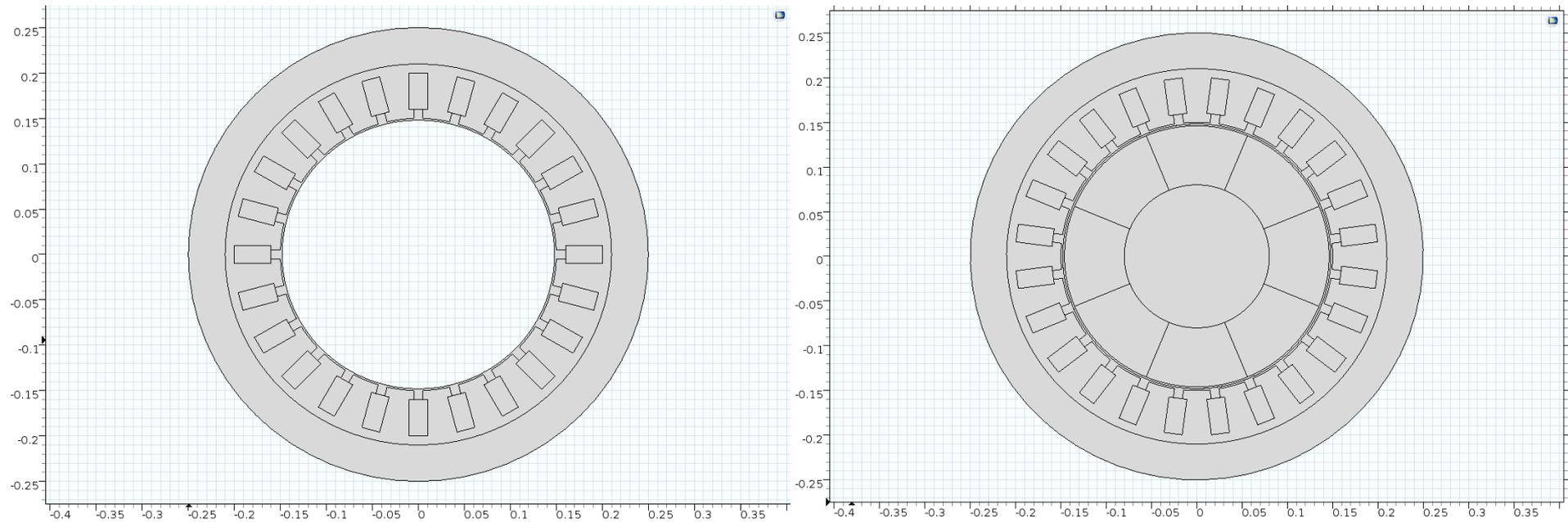
Modeling



Modeling

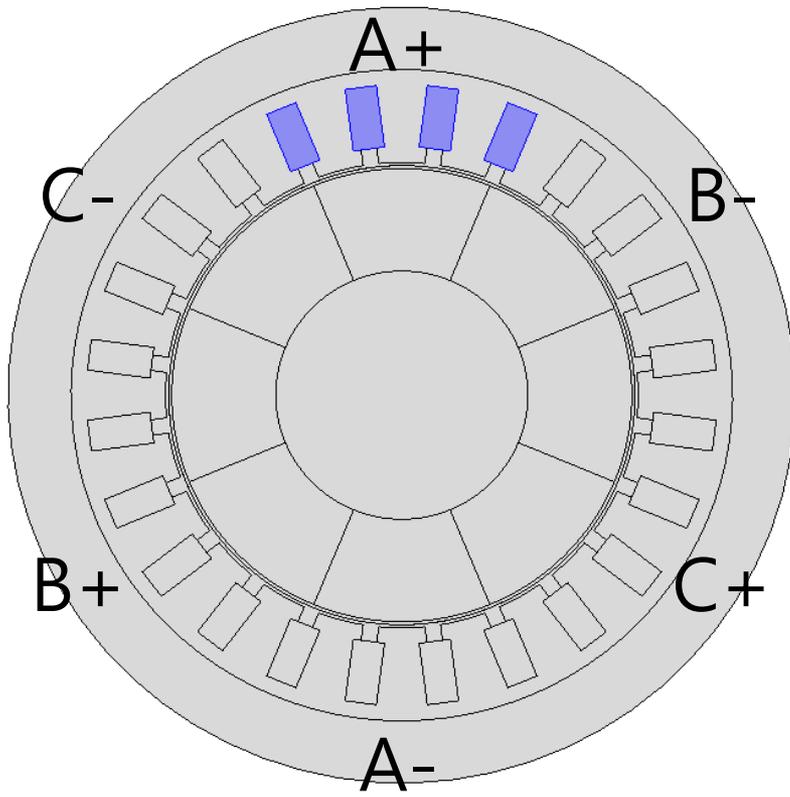
Geometry

COMSOL : 2D – Rotating Machinery, Magnetic

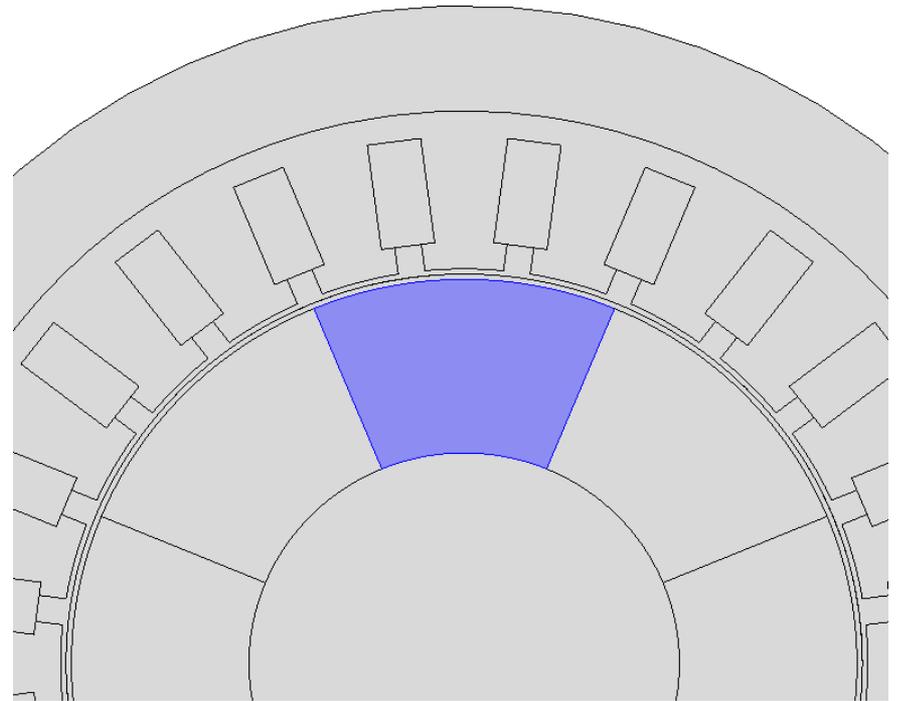


Modeling

Conditions



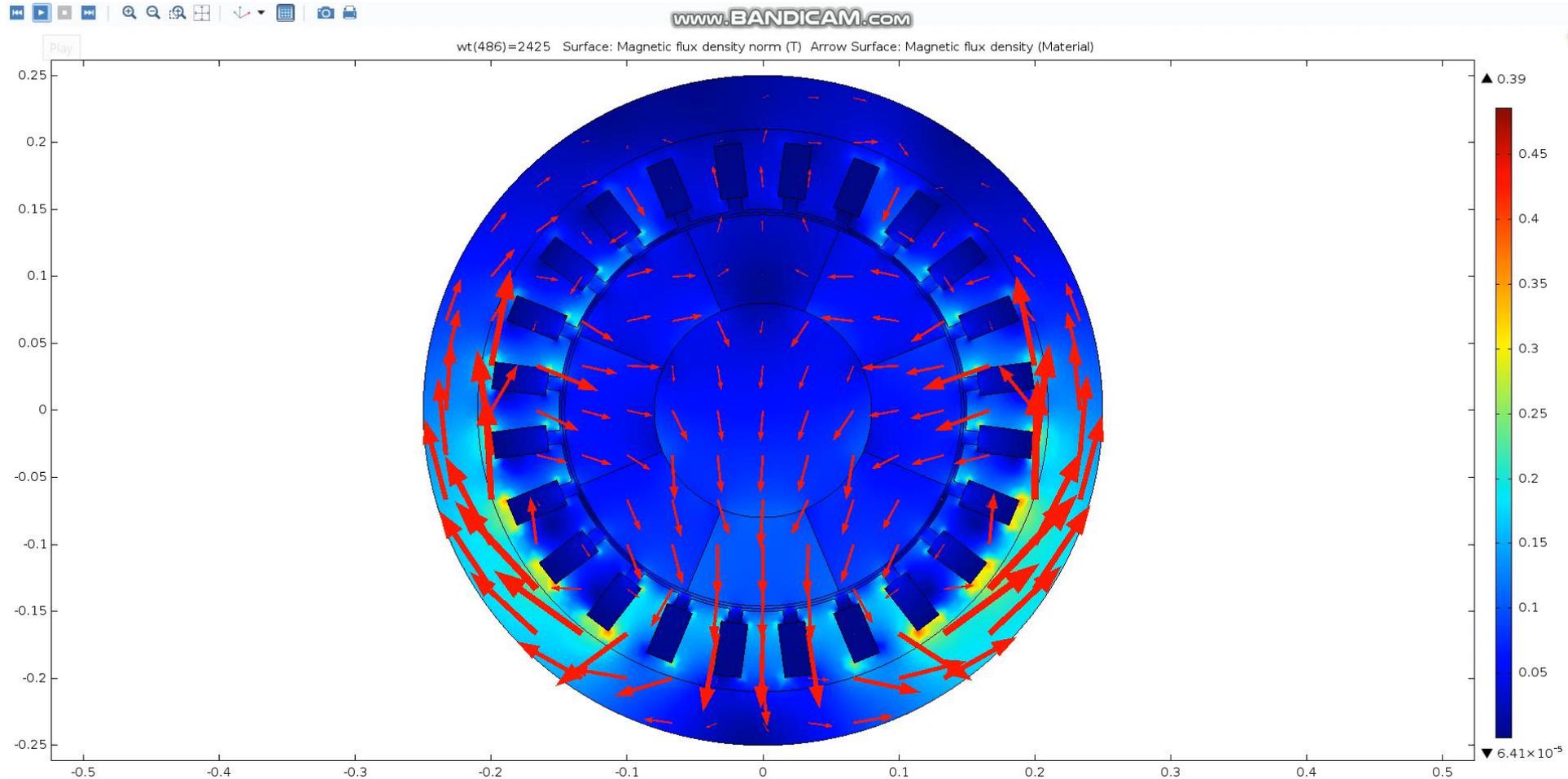
Current density = $1e6$ A/m

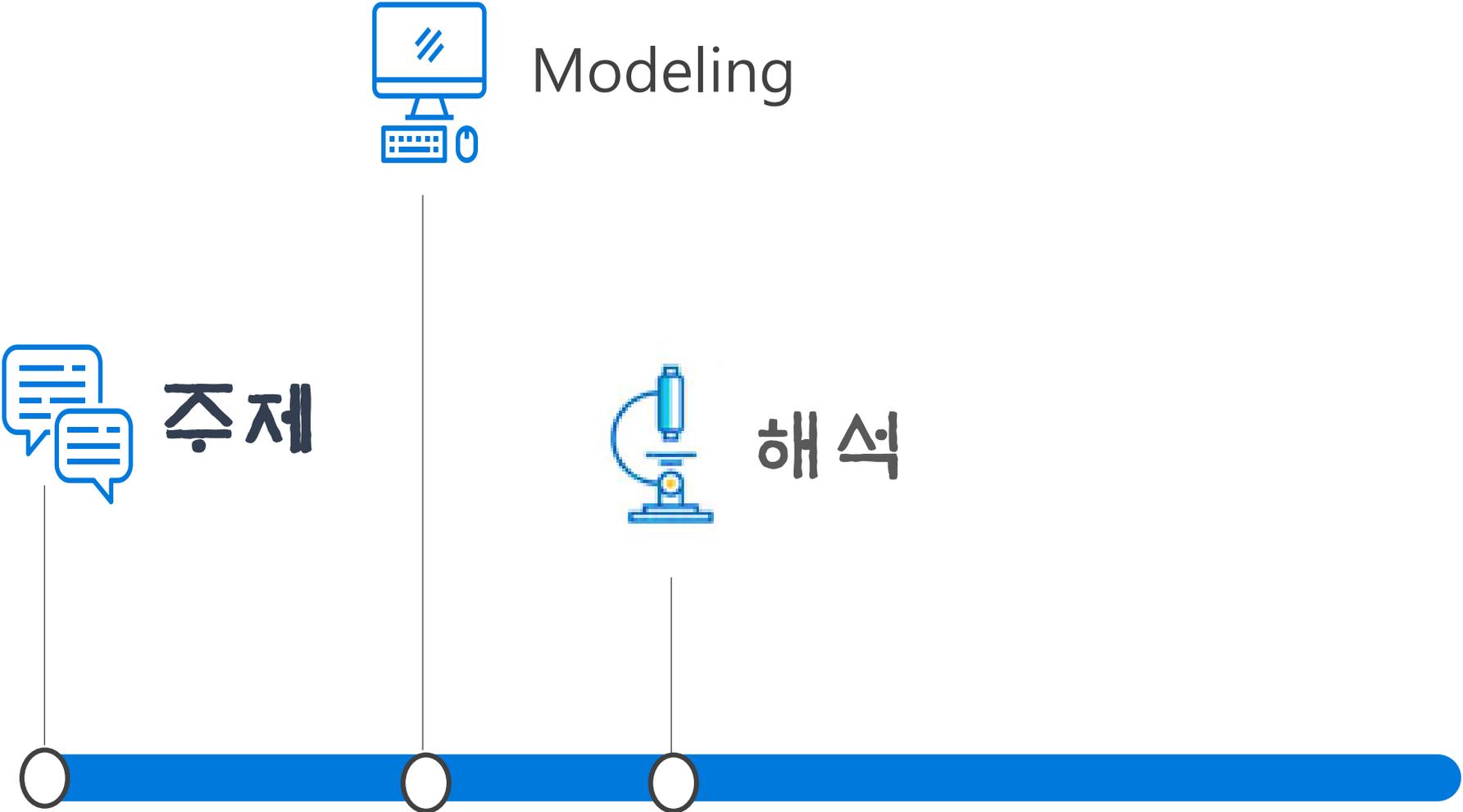


Magnetization = $5e4$ A/m

Modeling

3상 교류자계 결과





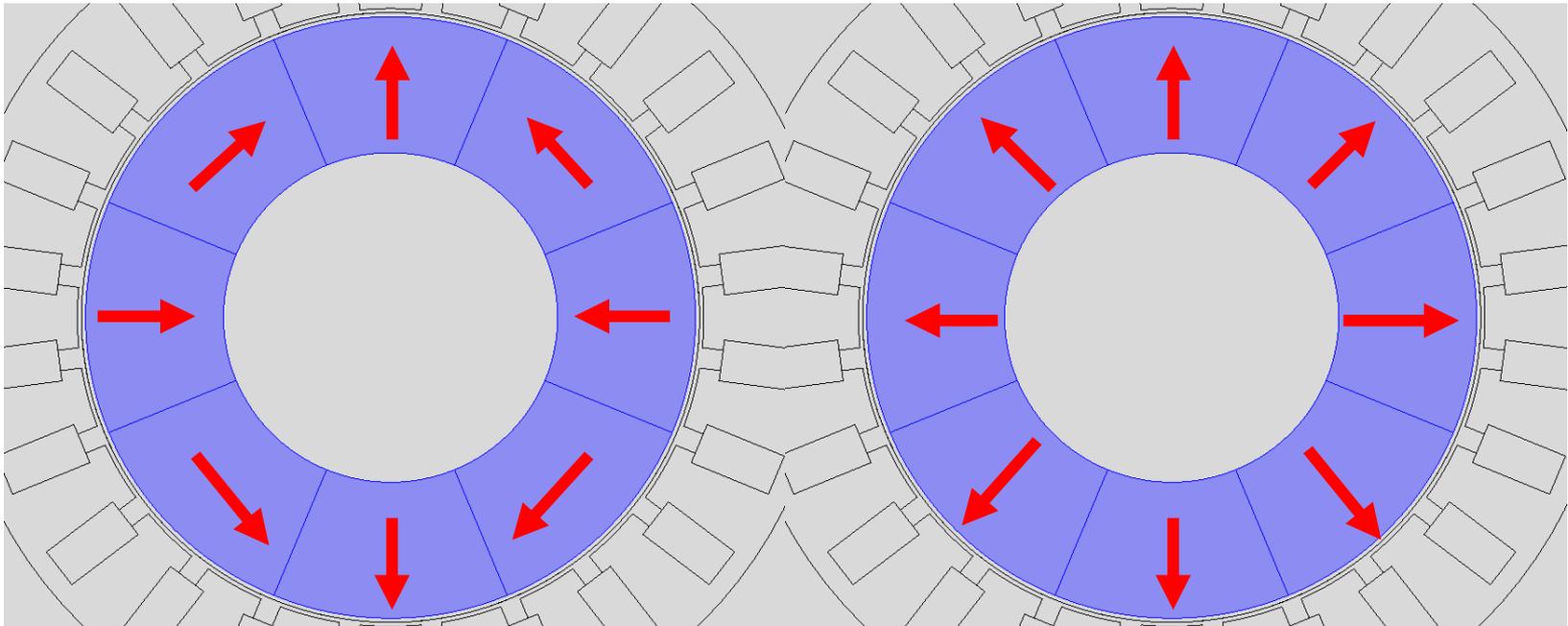
Analyze – 배열 방향

1. Segment rotating direction

Inner strong 배열과 inner weak 배열의
차이 비교

Inner strong

inner weak



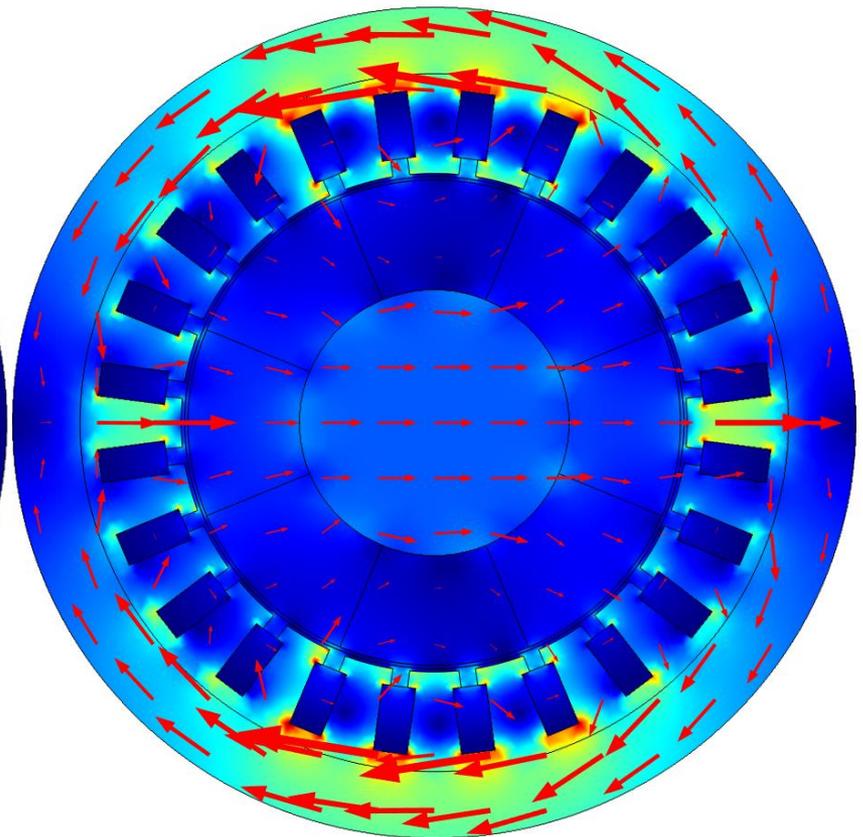
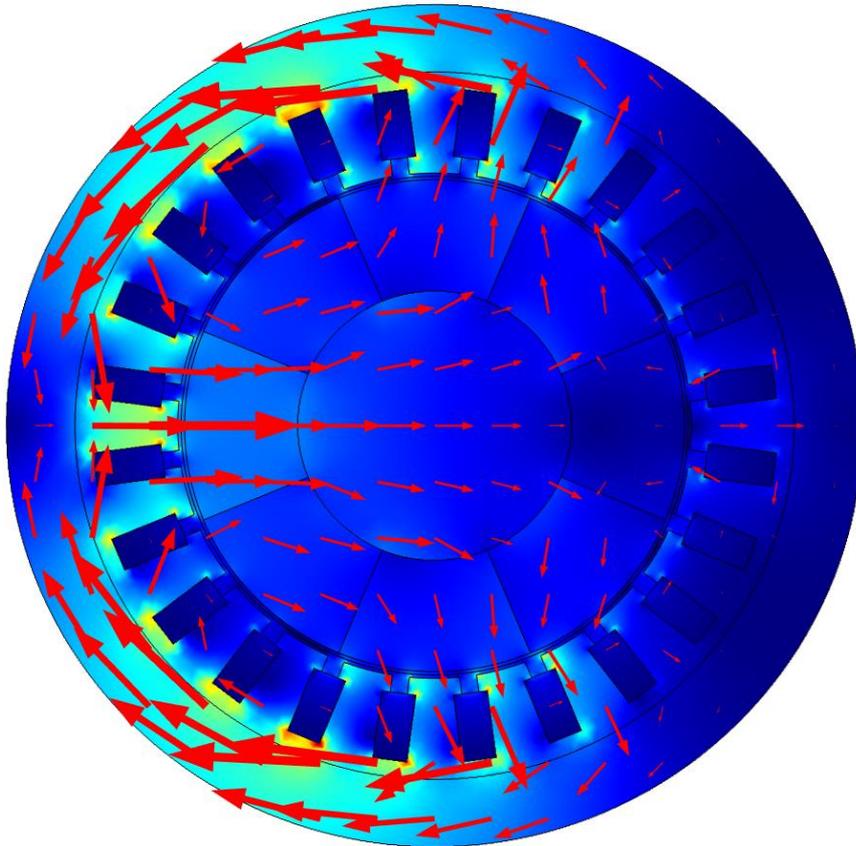
Analyze – 배열 방향

1. Segment rotating direction

Inner strong 배열과 inner weak 배열의
차이 비교

Inner strong

inner weak

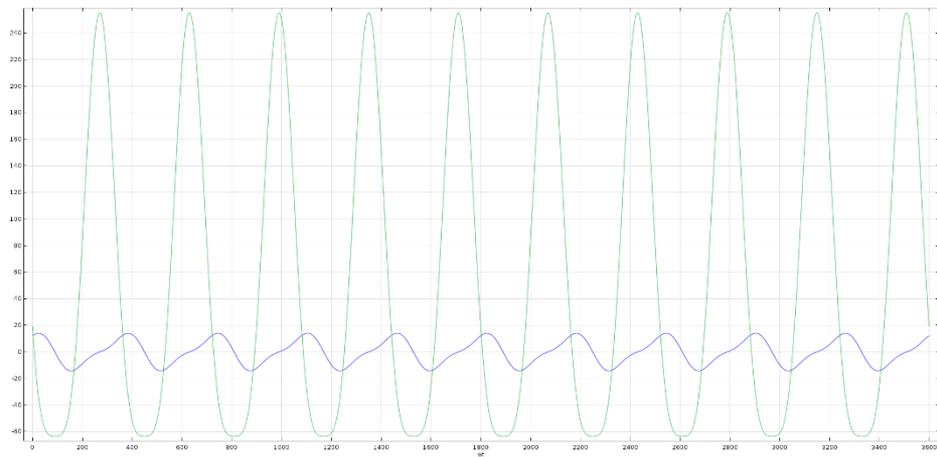
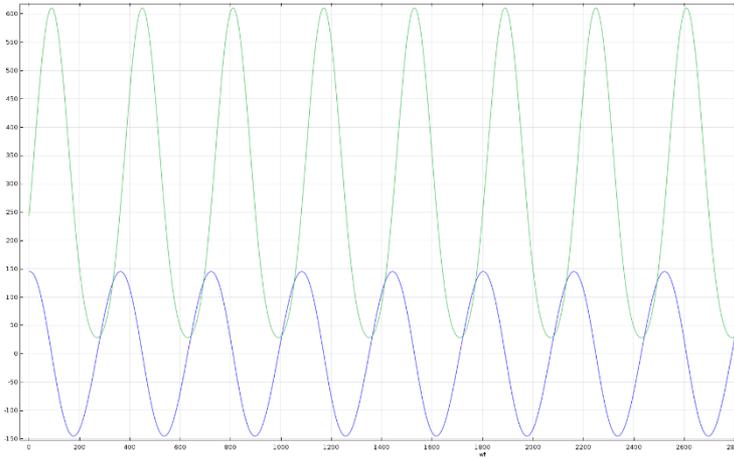


Analyze – 배열 방향

Inner strong

inner weak

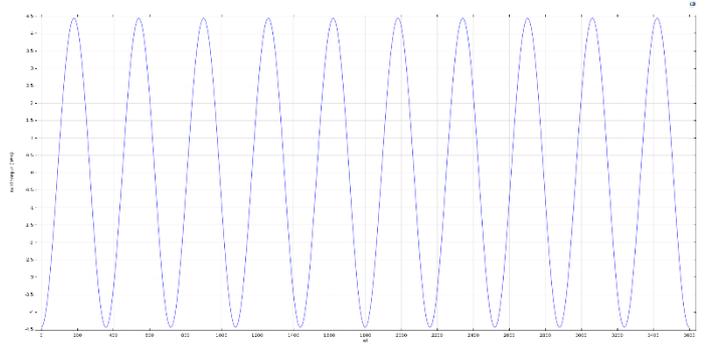
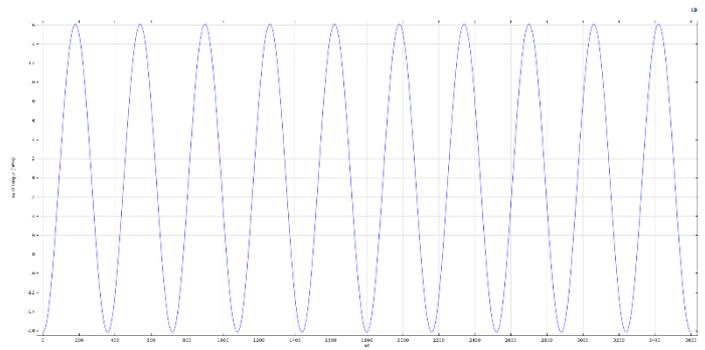
반발력



Y 방향 최대값 = 610N
X 방향 최대값 = 150N

Y 방향 최대값 = 250N
X 방향 최대값 = 18N

토크



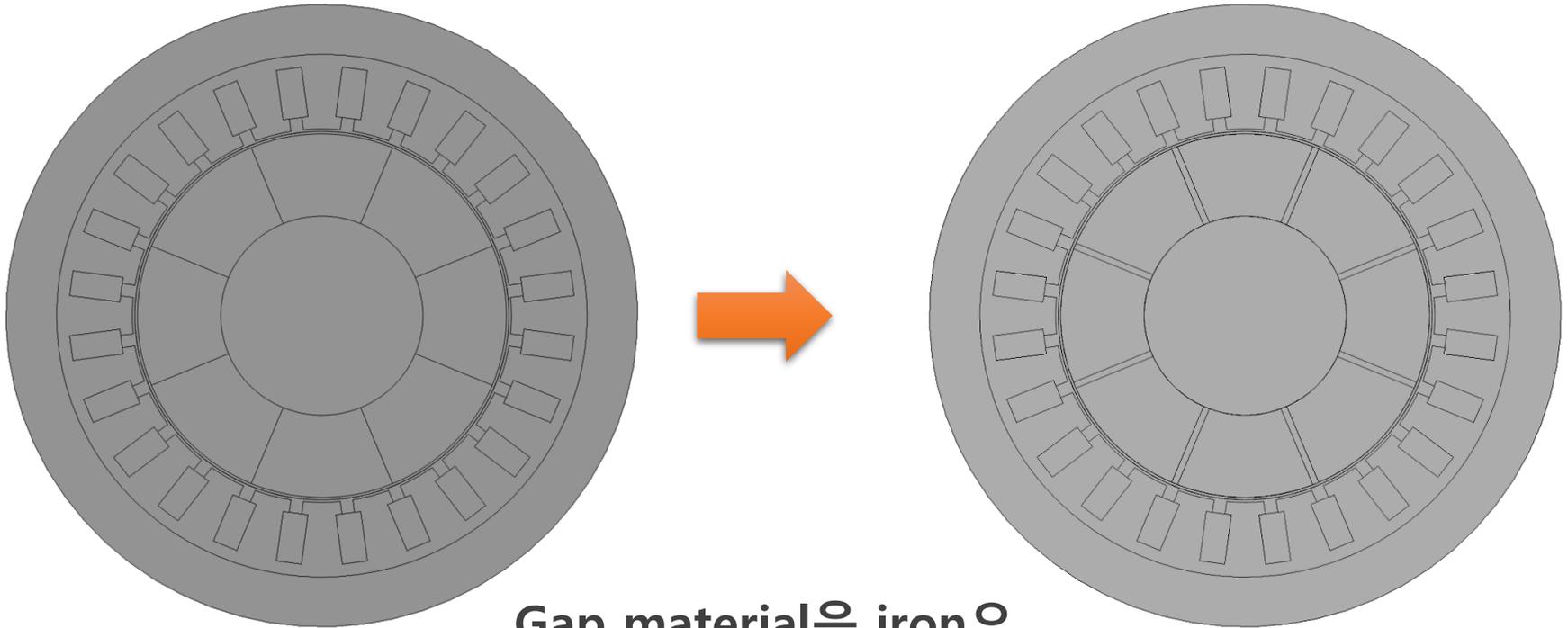
최대 토크 = 16Nm

최대 토크 = 4Nm

Analyze - segment gap

2. Segment gap

Halbach array의 단점인 자석 사이의 반발력을 segment gap을 통해 최소화 함



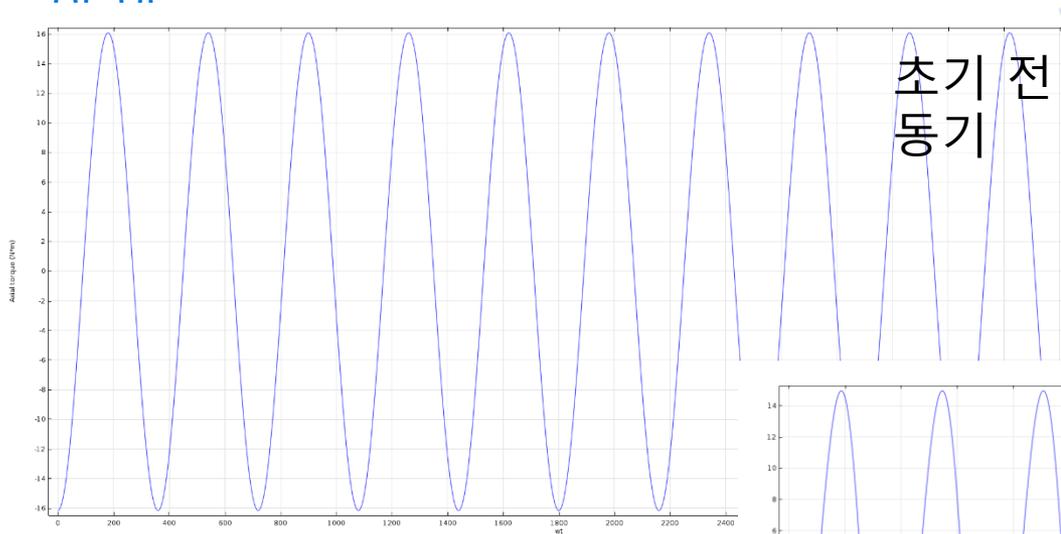
Gap material은 iron으로 설정
Gap은 1cm

Analyze - segment gap

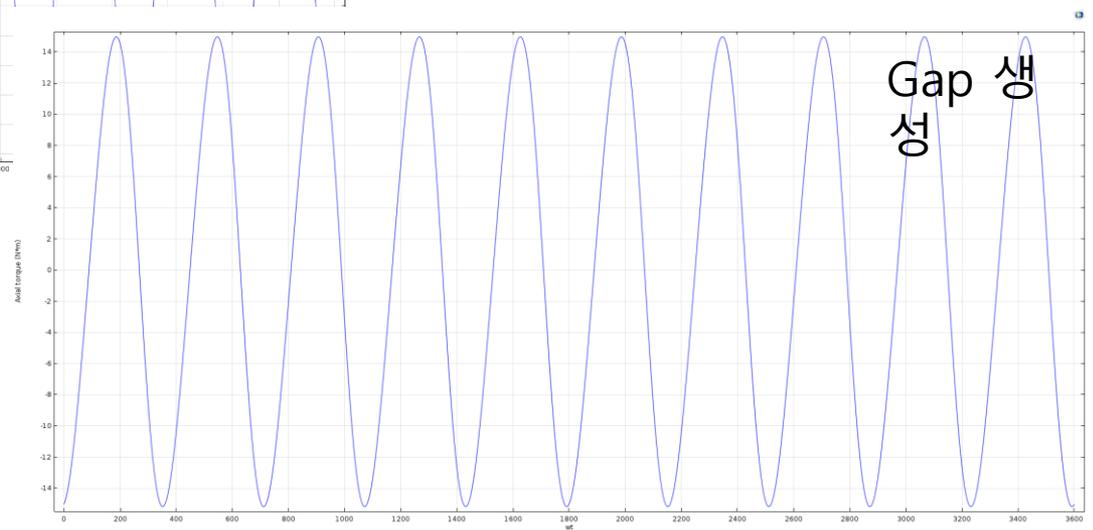
2. Segment gap

Halbach array의 단점인 자석 사이의 반발력을 segment gap을 통해 최소화

치 하



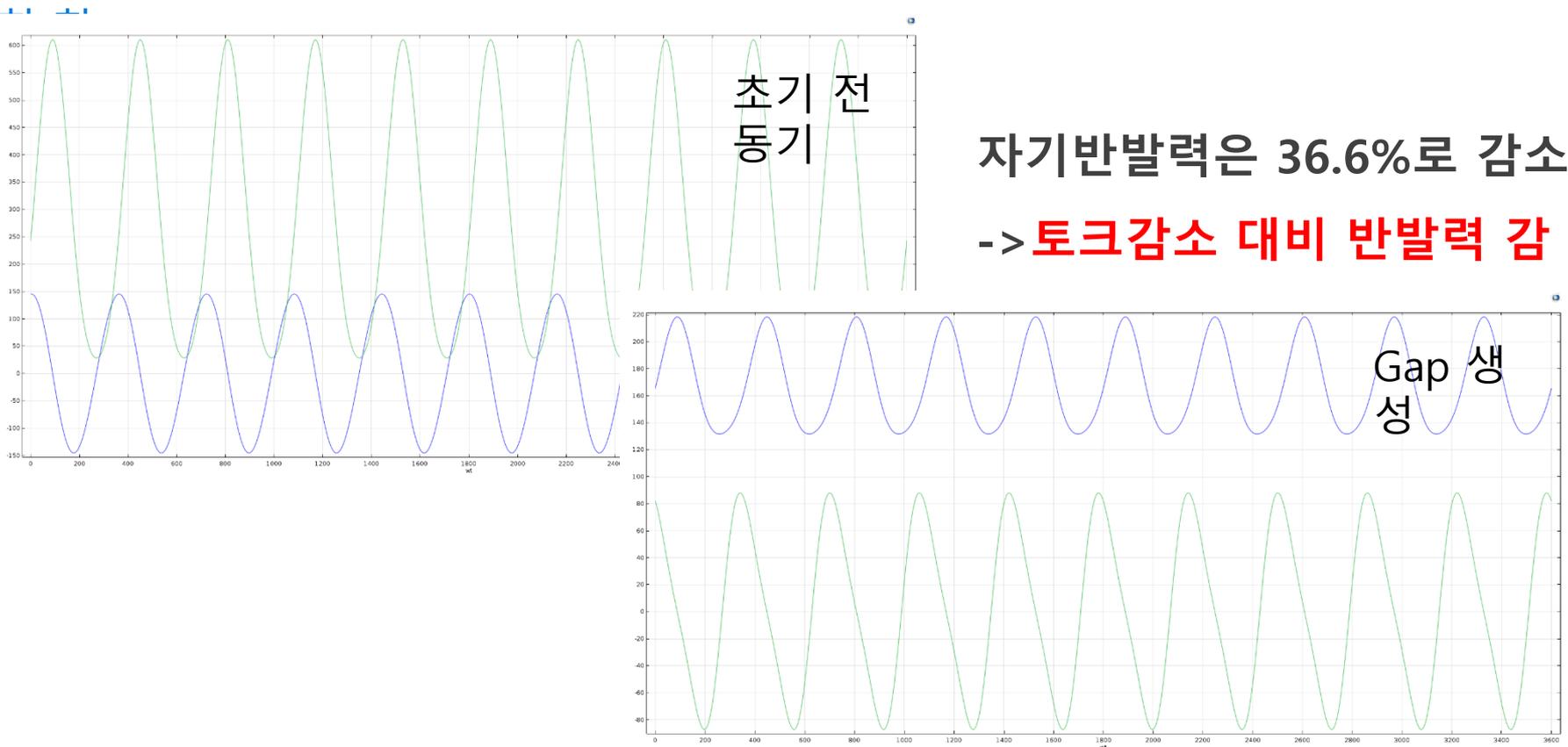
Torque는 87.5%로 감소
-> Trade-off



Analyze - segment gap

2. Segment gap

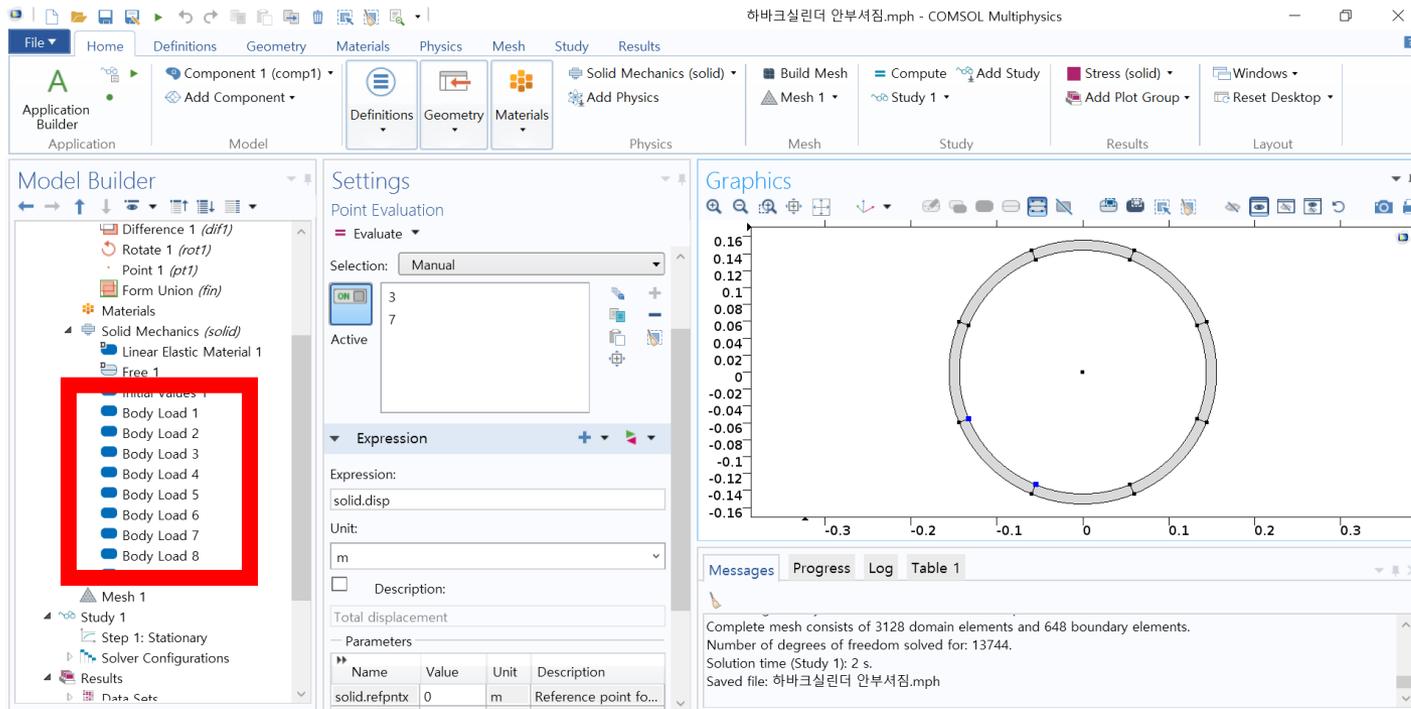
Halbach array의 단점인 자석 사이의 반발력을 segment gap을 통해 최소



Analyze - 공극

3. 최소 공극 길이 결정

자기반발력을 바탕으로 실린더의 변형을 계산하고, 설계가능한 공극 길이를 결정한다.

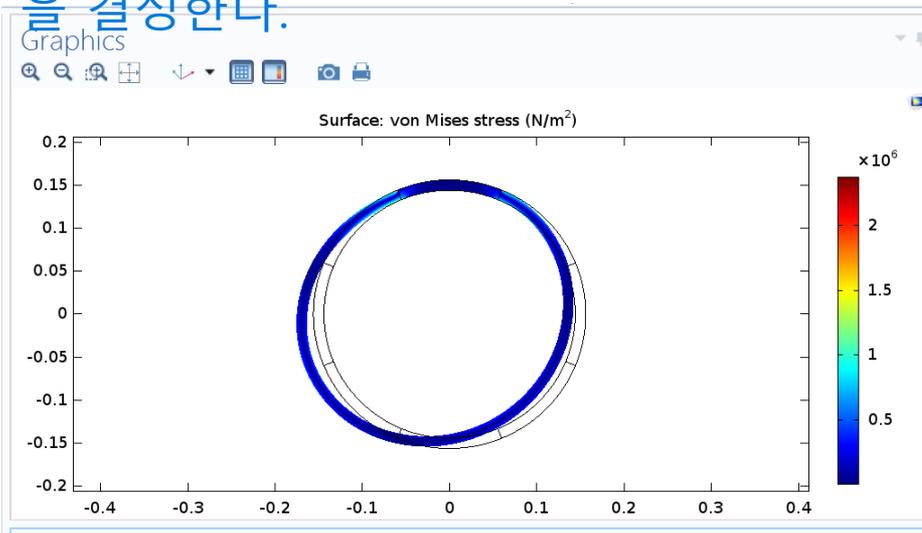
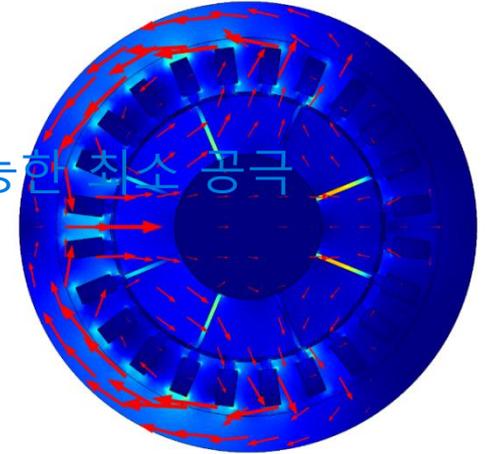


모델링 수치
내경(r) = 14.4cm
외경(R) = 15.6cm
두께(d) = 1.2cm

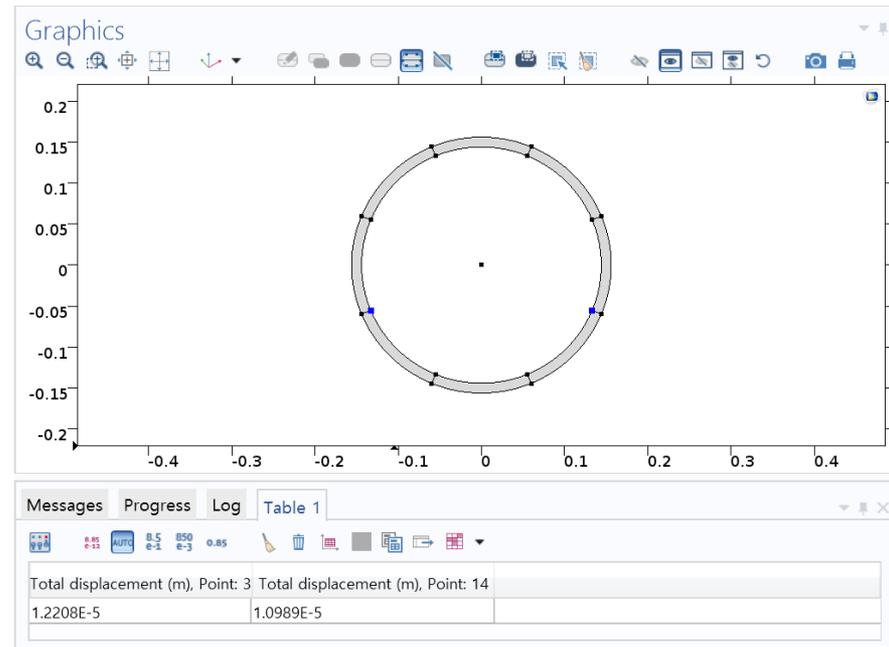
Analyze - 공극

3. 최소 공극 길이 결정

자기반발력을 바탕으로 실린더의 변형을 계산하고, 설계가능한 최소 공극
을 결정한다.



최대 변형길이 = $12.2\mu\text{m}$ =
 0.012mm





주제



Modeling



해석



결과



결과

1. Halbach array 배열 방향에 따른 토크 비교

C.C.W는 내부에 강한 자기장을 생성하고, C.W는 외부에 강한 자기장을 생성한다.
C.C.W의 경우 C.W보다 4배 강한 토크가 생성되었다.

2. 자석 사이 segment gap 삽입

Iron으로 된 1cm gap을 추가하여 자석 간 반발력을 1/3로 줄일 수 있었다.
12.5%의 토크 손실이 발생하지만, 반발력이 줄어들어 따라 더 강한 자석을 사용하여 보상이 가능하다.

3. 최소 공극 길이 결정

실린더에 가해지는 반발력을 바탕으로 실린더의 변형을 예측 할 수 있다.
두께 1.2cm의 철 실린더를 사용할 경우 최소 공극 길이는 12.2 μm 이다.

References

- Bouloukza Ibtissam. Mordijaoui Mourad, "Magnetic Field Analysis of Halfach Permanent Magnetic Synchronous Machine", International Conference on Control, Engineering & Information Technology(2014), ISSN 2356-5608
- Moadh Mallek. Yingjie Tang, "An Analytical Subdomain Model of Torque Dense Halbach Array Motors", Energies(2018)
- 정현삼, (2019), "NdFeB Magnet Temperature Estimation of IPMSM for Traction in Consideration of Inductance Variation", 서울대학교.