

www.ciels.co.kr

TOTAL ENGINEERING CONSULTING SERVICE

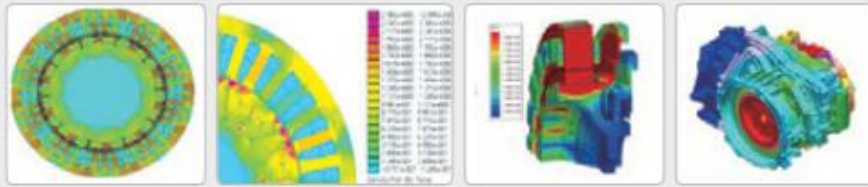
CieL-S
모터 시험 및 해석 기술



1. 전기자동차 모터 시험 및 해석 기술용역

모터 수치해석 및 최적 설계

- 모터 수치해석 기반 전자계 특성 분석
- 모터 성능 해석
- 모터 해석 모델링
- 모터 전자계 최적 설계



모터 시제품 개발 및 성능 시험

- 모터 시제품 개발
- 인휠모터 개발
- 모터 시제품 성능 시험
- 인휠모터 성능 시험



모터 진동소음 시험 및 해석

- 모터 진동소음 시험
- 모터 성능 시험
- 감속기 진동소음 시험
- 모터 실차 장착시 진동소음 시험



친환경자동차 시험 및 해석

- 친환경자동차 및 부품 시험
- MULTI PHYSICS 해석 기술
- 친환경자동차 및 부품 해석
- 친환경자동차 관련 기술 개발



2. 전기자동차 인휠모터 개발 기술용역

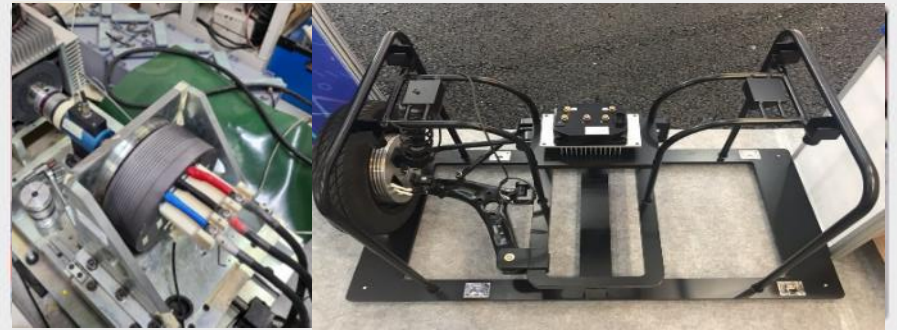
초소형 전기자동차용 인휠모터 시스템 개발

- 인휠모터 전자계 설계 및 해석
- 인휠모터 시제품 개발 및 시험
- 인휠모터 인버터 및 제어기 개발



초소형 전기자동차용 인휠모터 샤시플랫폼 개발

- 인휠모터 샤시플랫폼 설계 및 해석
- 샤시플랫폼 시제품 개발 및 시험



초소형 전기자동차용 차량 제어기 개발

- 초소형 전기자동차 제어로직 개발
- 차량제어기 개발 및 시험

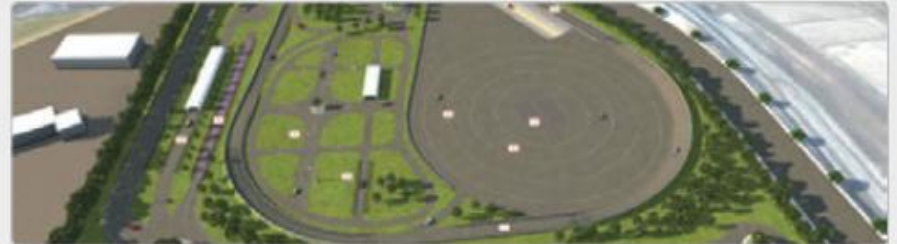
01 차량 제어로직 개발



02 차량 제어기 개발

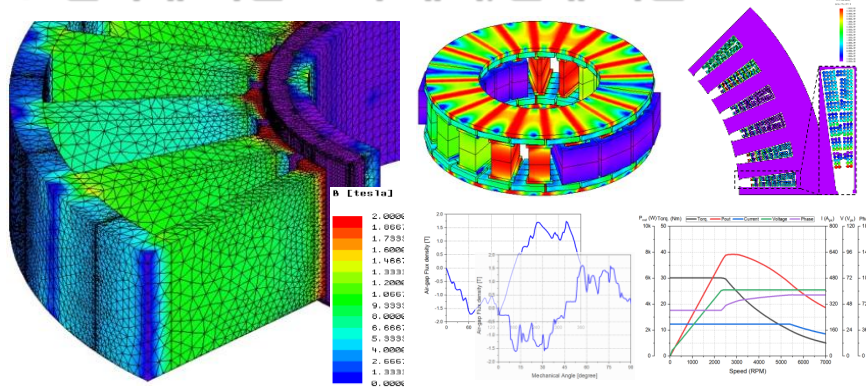


03 실차 주행 시험

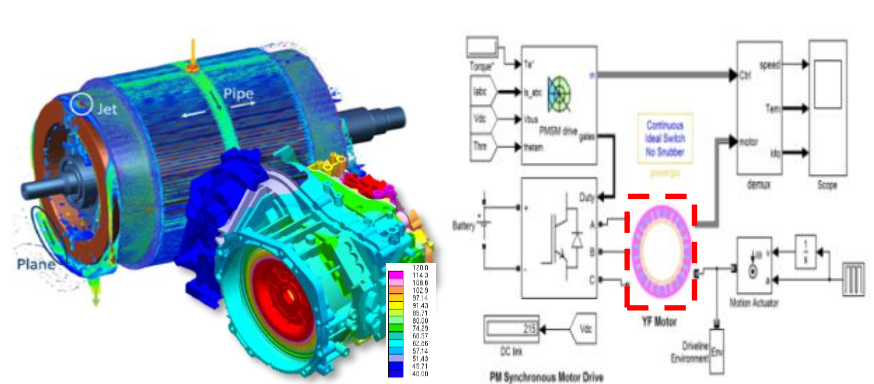


모터 해석 기술 용역 분야

1. 전자계 기반 모터 해석/설계 기술



2. 모터 융복합 수치 해석 및 설계 기술

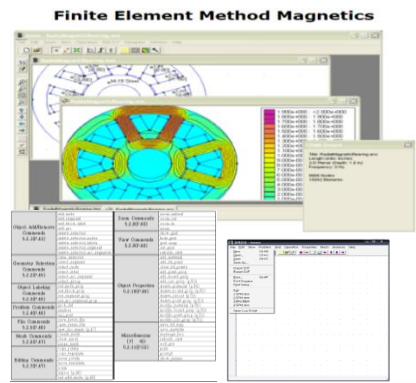
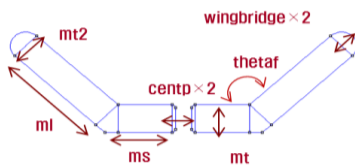


3. 모터 설계/특성 해석 자동화 기술

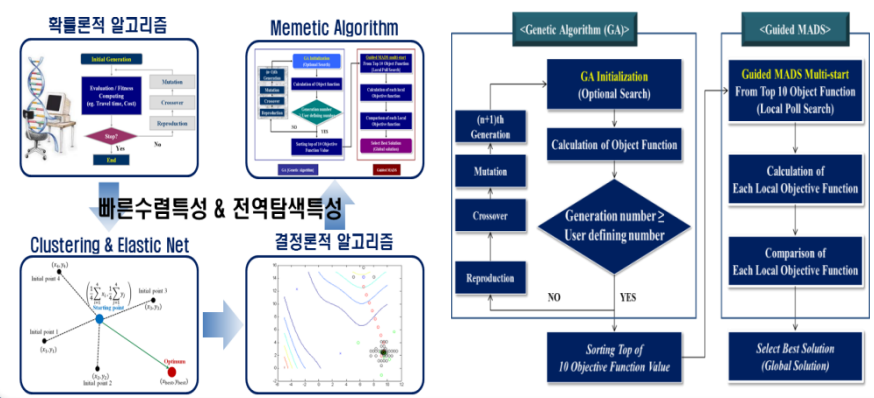
```

//..... 일러 변수 및 설계 변수를 입력하는 곳 .....
//..... 일러는 mm로, 속도는 degree, 전류는 a .....
#define MMX_RPH 12000 //165 최대속도
#define MMX_I 500 //인류 제한치
#define pi 3.141592 //지수
#define pole 6 //극수
#define layer 2 //자속
#define slot 20 //슬롯
#define pitch 3 //슬롯 피치(2층권에서만 적용)
#define S_turn 4 //회전 수(2층권에서는 레이어당 단수)
#define n_p 3 //회전 수

const int TYPE_R[layer] = {1,1}; //회전자 단수
const int TYPE_R_sub = 0; //회전자 단수
const int TYPE_S = 1; //회전자 단수
const int TYPE_S_sub = 1; //회전자 단수
const double rho=85; //회전자 직경
    
```



4. 최적화 알고리즘 기반 최적설계 기술



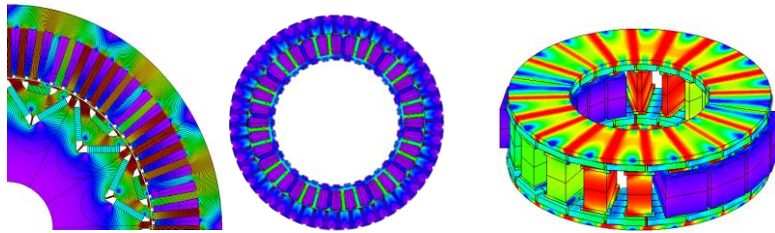
3. 모터 해석 기술 영역

1. 전자계 기반 모터 해석 기술

1) 모터 무부하/부하 특성분석

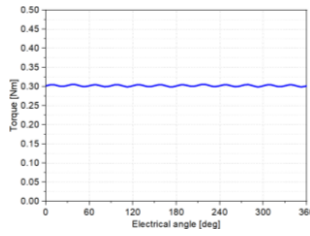
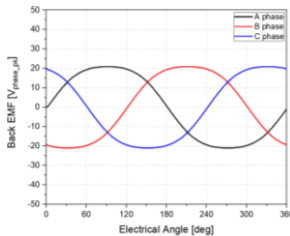
- 2D/3D 비선형 정밀 자계 수치해석 기반 **모터 동작 특성 분석**
 - **무부하 해석** : 역기전력(Back-EMF), 코깅토크, 역기전력 상수 추출 및 역기전력 제한 검토
 - **부하 해석** : 토크리플, 각종 입/출력 파라미터(입력전압, 입력전류 등) 추출 및 전압/전류 제한 검토
- 정밀 자계 수치해석 기반 모터의 교차자화작용을 고려하여 **파라미터 및 성능곡선 등 DB 추출**

FEM 기반 모터 분석



- 2D 기반 RFPM 해석 -

- 3D 기반 AFPM 해석 -

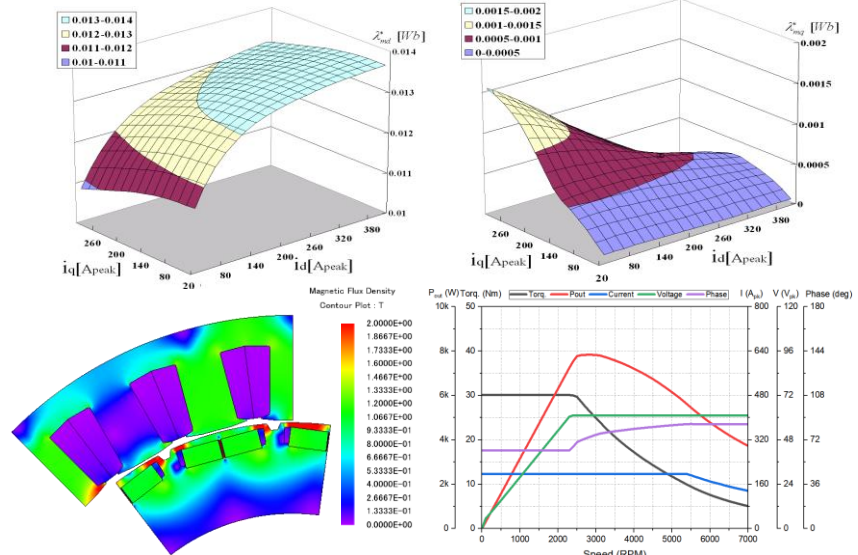


- 무부하 역기전력 파형 -

- 부하 토크 파형 -

<2D/3D FEM기반 모터 동작 특성 분석>

모터 파라미터 추출



<교차 자화작용을 고려한 모터 파라미터>

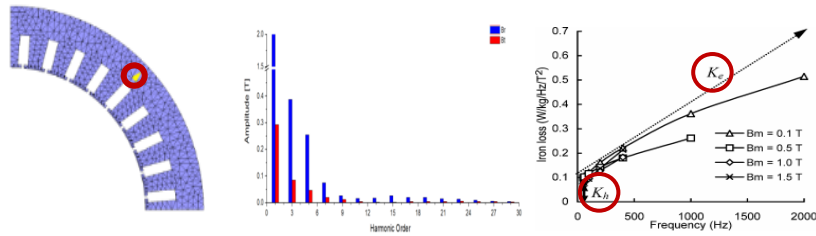
3. 모터 해석 기술 영역

1. 전자계 기반 모터 해석/설계 기술

2) 손실 특성 분석 및 효율 산정

- 모터 자속밀도 분포 및 **고조파를 고려한 고정밀 철손 예측**
 - 주파수 및 자속밀도 크기 변화를 반영한 변화 철손 계수를 적용하여 고조파를 고려한 철손 해석
- 고정자 권선의 AC 저항을 고려한 **고정밀 동손 해석 및 개선 설계**
 - AC 저항의 발생 원인을 분석하여 DC 저항 및 AC 저항을 고려한 고정밀 동손 해석 및 개선 설계

고조파 고려 철손 해석



<요소별 자속밀도 고조파 및 철손 계수 분석>

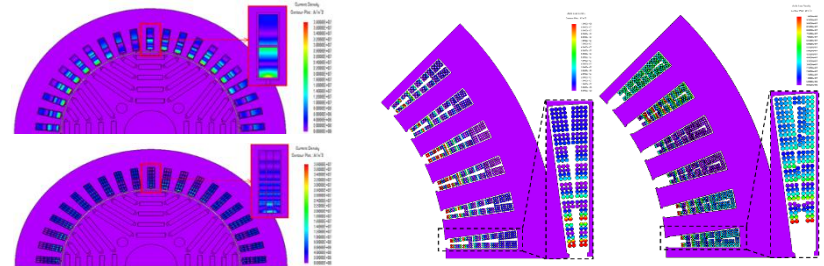
$$w_i = w_{ie} + w_{ih} = \int_{iron} \sum_n K_e D(nf)^2 \{B_{r,n}^2 + B_{\theta,n}^2\} dv + \int_{iron} \sum_n K_h D(nf) \{B_{r,n}^2 + B_{\theta,n}^2\} dv$$

Eddy Current Loss
Hysteresis Loss

※ n : 고조파 차수 $B_{r,n}$: 자속밀도의 Radial 방향 성분, $B_{\theta,n}$: 자속밀도의 Peripheral 방향 성분, D : 강판 밀도

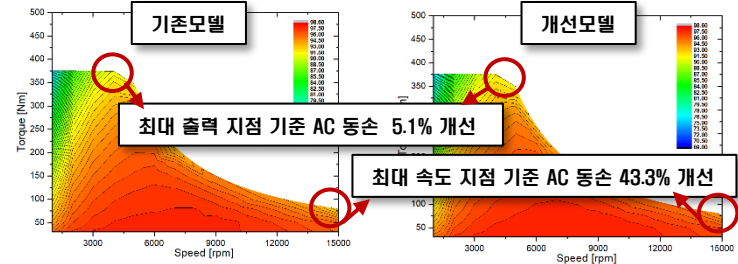
<철손 수식 기반 고조파를 고려한 철손 계산>

고정밀 AC 동손 해석 및 개선 설계



<각동선 AC 동손 해석>

<환동선 AC 동손 해석>



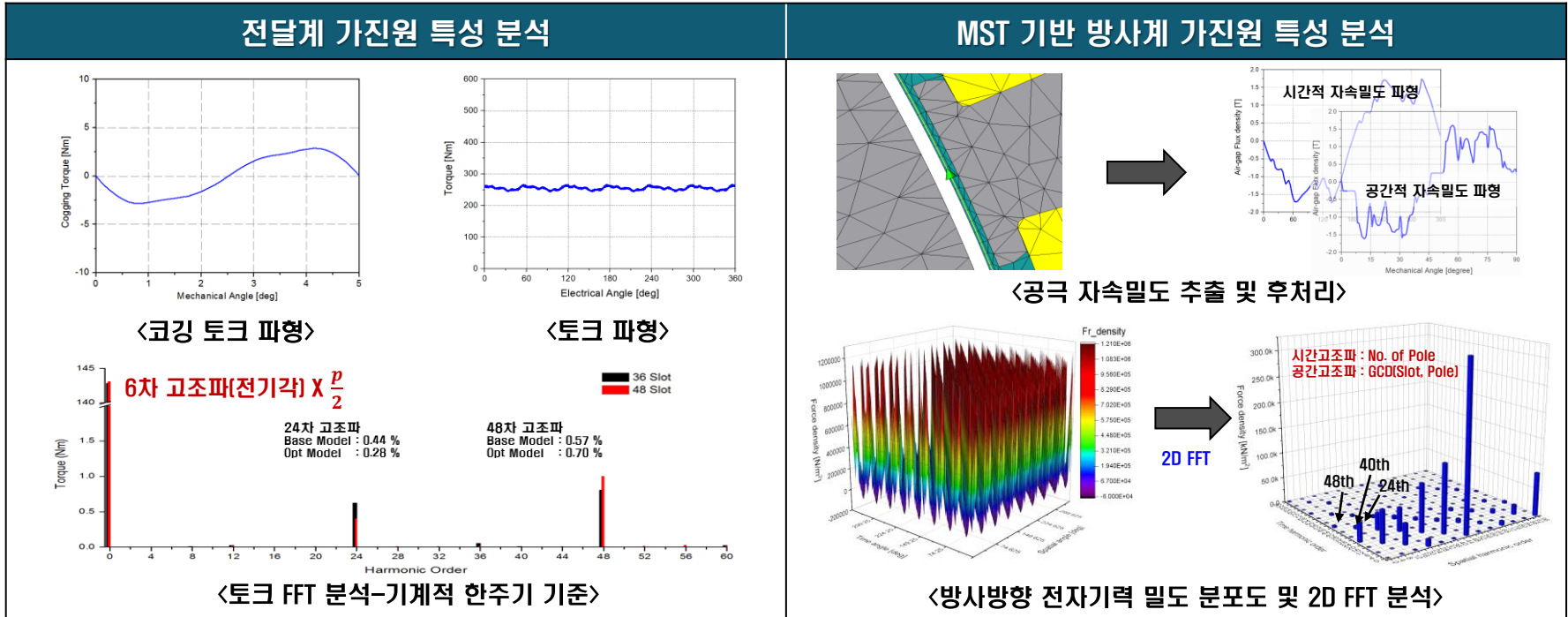
<AC 동손 개선설계모델 효율맵>

3. 모터 해석 기술 영역

1. 전자계 기반 모터 해석/설계 기술

3) 진동/소음 가진원 분석

- 모터의 전달계 가진원이 되는 **토크리플 및 코깅토크** 분석
 - 토크리플 고조파 분석(FFT)을 통한 차수별 크기 분석
- Maxwell Stress Tensor (MST) 기반 **방사계 가진원** 분석
 - 2D FFT 분석 방식을 통한 공간 및 시간적 전자기력 밀도 차수 분석



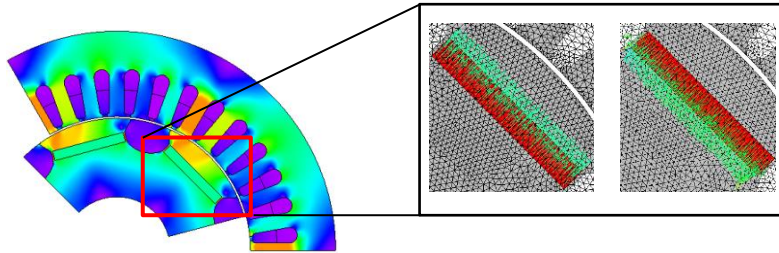
3. 모터 해석 기술 영역

1. 전자계 기반 모터 해석/설계 기술

4) 영구자석 불가역 감자 해석

- 전자계 수치해석 기반 영구자석 내부 자속밀도 및 자계강도 벡터 분석을 통한 **자석 운전점 분석**
 - 모터 운전시 자석의 B-H 커브를 통해 퍼미언스 계수를 반영하여 영구자석의 운전점 및 감자 여부 분석
- **온도 및 부하 특성을 고려한** 영구자석 감자 특성 분석
 - 모터 내부 온도 및 부하 특성을 반영한 영구자석의 감자해석 수행

영구자석내 자속벡터 분석



〈전자계 수치해석 기반 영구자석내 자속 벡터 분석〉

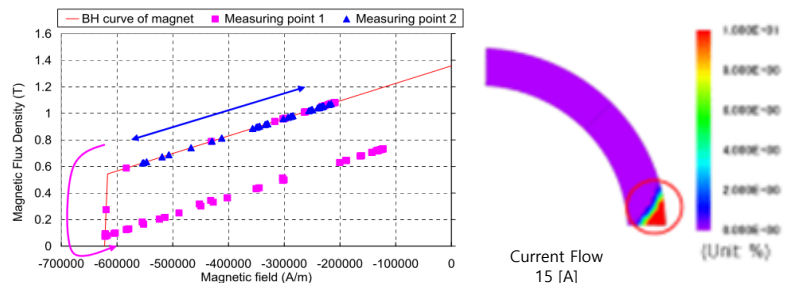
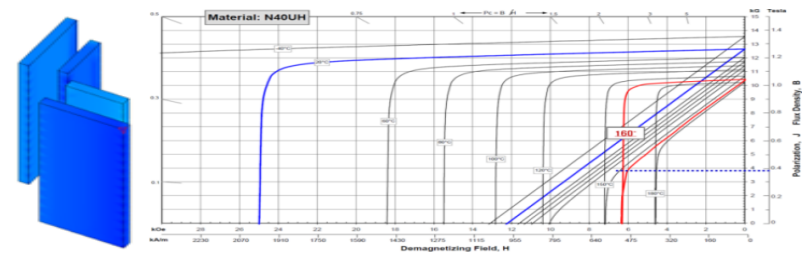
Element ID	Step 1: Absolute	Step 1: X	Step 1: Y	Step 1: Z
1	1.9997	2.70563446E-01	2.61802877E-02	3.89940392E-01
2	1.9999	3.79379356E-01	4.01302843E-01	3.71703354E-01
3	1.9997	2.37978838E-01	-1.91213682E-01	1.41275682E-01
4	1.9999	2.30332855E-01	1.52400101E-01	1.40603412E-01
5	1.9991	2.59868676E-01	3.72811984E-01	2.59842972E-01
6	1.9912	2.67182120E-01	-1.59150976E-01	2.66717748E-01
7	1.9914	2.54482602E-01	3.79816456E-01	-2.47882122E-01
8	1.9914	2.53829950E-01	4.13793254E-02	2.50368123E-01
9	1.9913	1.93774853E-01	1.71263493E-01	1.66328096E-01
10	1.9914	2.04591356E-01	-7.70742456E-01	1.89518284E-01
11	1.9917	2.61181825E-01	2.20711493E-01	2.61691811E-01
12	1.9914	2.77682796E-01	1.13928232E-02	2.77460486E-01
13	1.9919	2.85679016E-01	-2.36789581E-01	2.84696780E-01

$$B_m = \frac{\sum_n [B_{x,n} \times \cos\theta + B_{y,n} \times \sin\theta]}{n}$$

$$H_m = \frac{\sum_n [H_{x,n} \times \cos\theta + H_{y,n} \times \sin\theta]}{n}$$

〈자석 운전점 분석을 위한 Post-Processing 모델링 수식〉

온도 및 부하 특성을 반영한 감자 해석



〈온도 및 부하를 고려한 영구자석 불가역 감자 해석〉

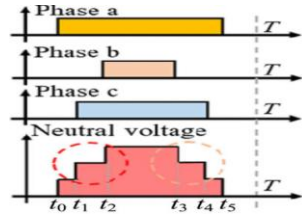
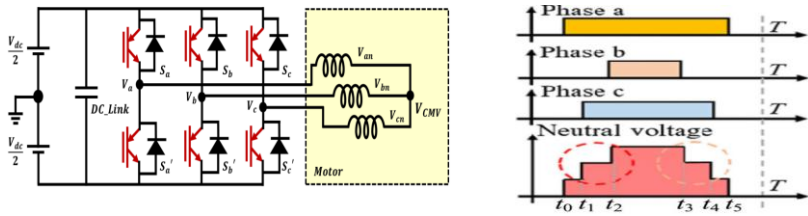
3. 모터 해석 기술 영역

1. 전자계 기반 모터 해석/설계 기술

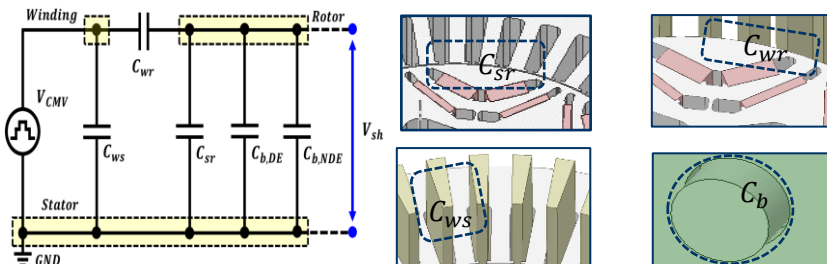
5) 축 전압 해석 및 축전압 저감 설계

- 축 전압/전류 분석 및 저감 설계
 - 전동기 내부 전류 경로 분석 및 주요 기생 커패시턴스 추출 기법을 통한 **축 전압/전류 분석**
 - EV 구동모터의 주요 설계 인자별 민감도 분석 및 **축 전압 저감 설계**
- 방전 등가회로 모델 개발 및 구축을 통한 **베어링 방전 특성 확인**

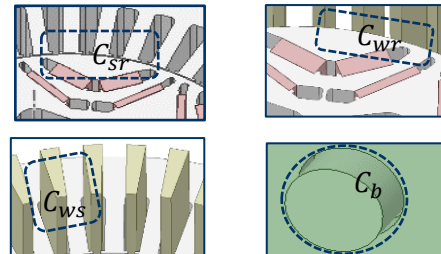
축 전압 발생 원인 및 축 전압 특성 분석



<전동기/인버터 결합 해석 모델을 이용한 공통모드 전압 추출>

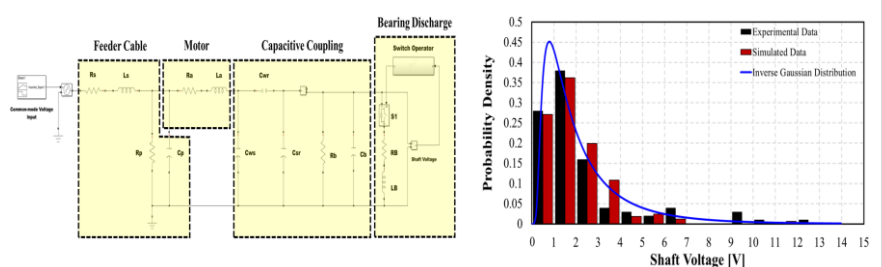


<임피던스 등가회로 모델>

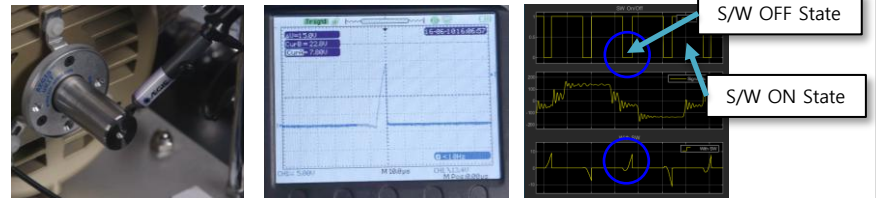


<형상에 따른 기생 커패시턴스 추출>

베어링 방전 등가회로 모델



<베어링 방전 등가회로 모델 및 확률밀도함수 산정>



<베어링 방전 등가회로 모델링 시험적 검증>

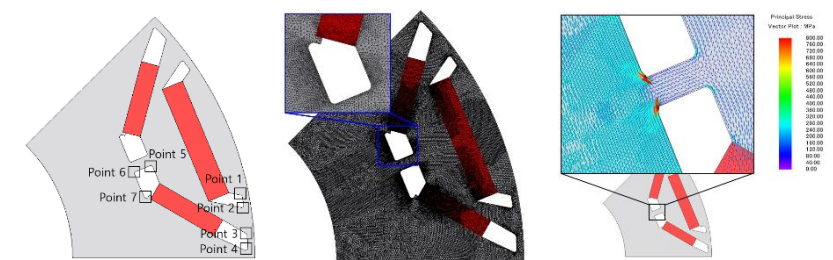
3. 모터 해석 기술 영역

2. 모터 융복합 수치 해석 및 설계 기술

1) 전자계-기계계 융복합 해석

- 정밀 수치해석 기법 기반 모터 **기계적/구조적 강성 해석**
 - 회전자 속도별 전자계-기계계 융합 응력 해석을 통해 설계 모터의 구조적 강건성 확보
- 전자계 표면 전자기력을 반영한 **모터 진동 해석**
 - 고유 진동수 및 모터 진동 해석을 통한 운전점별 모터의 진동 특성 분석

기계적/구조적 강성 해석



Principal Stress
Vector Plot: 187%
Color scale: 0.00 to 800.00

구동 모터의 응력 발생 부위 및 해석

전자계

x_1	y_2
y_{17}	z_1
z_2	z_3

구조계

x_2	x_3
x_4	x_5
y_1	y_3
y_7	y_9
y_{12}	y_{13}
y_{14}	y_{15}
x_6	x_7
y_4	y_5
y_6	y_{10}
y_{11}	y_{16}
y_{14}	y_{15}

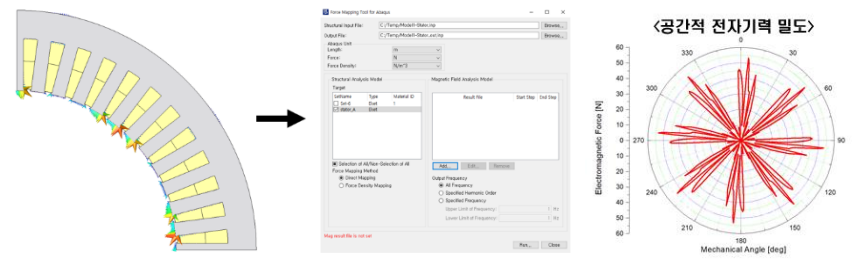
Step 2

최계 파라미터별 토크 및 응력에 대한 민감도 분석	3단계 목표값수 선정 및 허용 오차율 설정
1단계 목표값수 선정	전자계 및 응력 최적화 진행
2단계 목표값수 선정 및 허용 오차율 설정	응력 범위 내의 2단계 목표값수 만족여부 확인
응력 최적화 진행	Yes
	No
	응력 범위 내의 3단계 목표값수 만족여부 확인
	Yes
	No
	최종모델 도출

Step 3

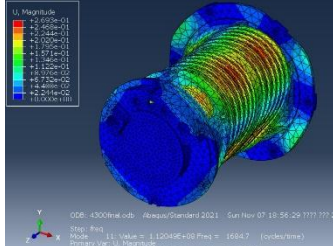
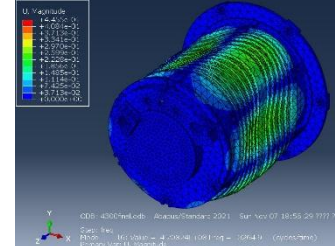
전자계 수치해석 결합형 응력 해석

표면 전자기력을 반영한 진동 해석



Fixed Analysis Model
Target: Electromagnetic Force [N]
Mechanical Angle [deg]

고정자 전자기력 분석 및 맵핑

U: Magnitude
Color scale: 0.00 to 1.20E+01

모터 진동 특성 분석

3. 모터 해석 기술 영역

2. 모터 융복합 수치 해석 및 설계 기술

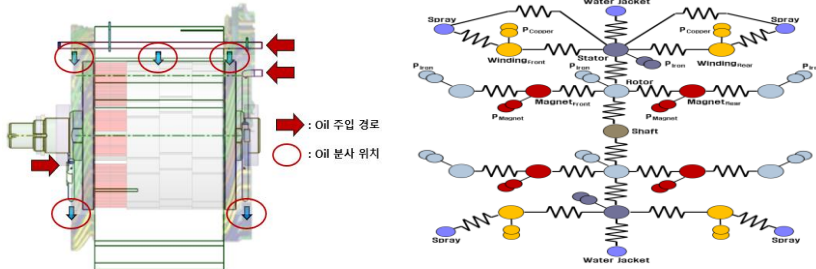
2) 전자계-열계 융복합 해석

- 전류밀도에 따른 냉각 방식 선정 및 전자계 손실에 따른 온도 분포 및 냉각 특성 분석
- 동손, 철손, 영구자석 와류손 등의 전자계 손실을 고려한 열 등가회로 구성 및 온도 해석 수행
 - 모터 형상 및 냉각 방식 기반 열 등가회로 모델링
 - 전자계 손실 기반 온도 해석을 통해 부품 별 온도 분포 및 냉각 특성 분석

냉각 방식에 따른 열 등가회로 모델링

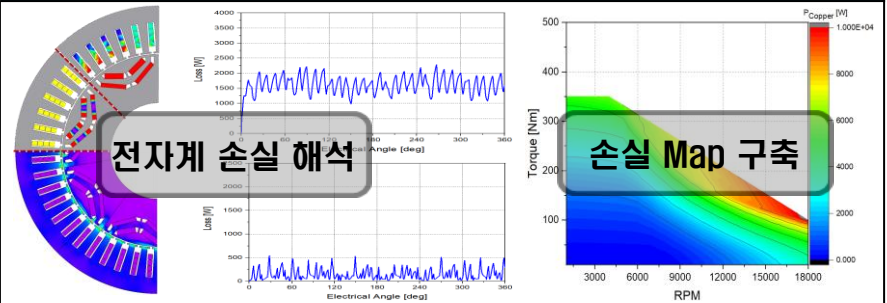
구분	자연 냉각식	공냉식	수냉식	유냉식
냉각 구조	• 별도의 냉각 장치 없음	• 냉각팬 등을 이용, 공기의 강제 대류를 통해 냉각	• 하우징 수조에 냉각수를 흘려주어 냉각	• 모터의 Hotspot에 오일을 직접 분사
냉각 성능	Bad	Moderate	Good	Excellent
적정 전류밀도	1.5 ~ 5 A _{avg} /mm ²	5 ~ 10 A _{avg} /mm ²	10 ~ 30 A _{avg} /mm ²	30 A _{avg} /mm ² 이상
형상				
		<냉각 클러>	<냉각 수로>	

<전류밀도 별 모터 냉각 방식>



<모터 냉각 방식에 따른 열 등가회로 구성 예시>

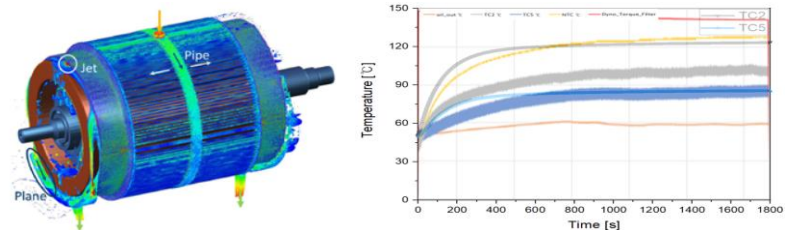
전자계 손실에 따른 온도 해석 결과



전자계 손실 해석

손실 Map 구축

<운전 조건을 고려한 전자계 손실 해석>



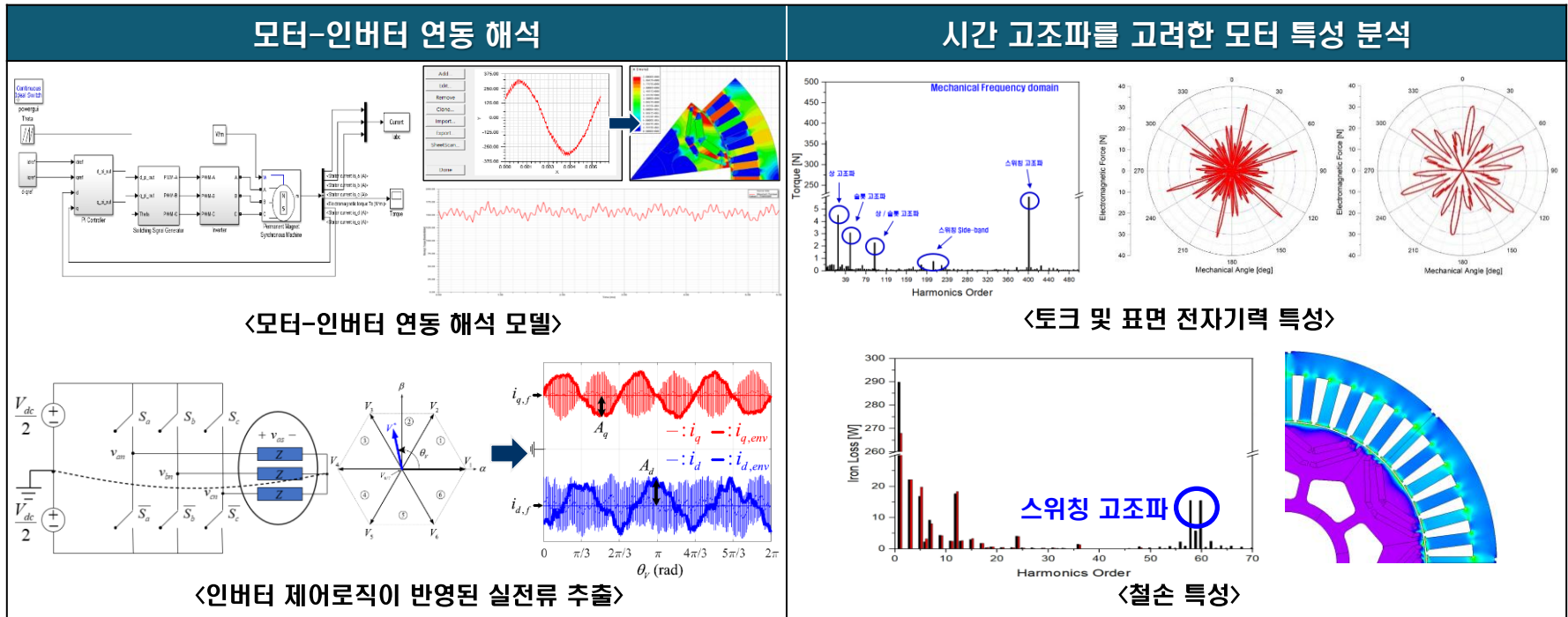
<열 해석 수행을 통한 파트 별 온도 분포 분석>

3. 모터 해석 기술 영역

2. 모터 융복합 수치 해석 및 설계 기술

3) 모터-인버터 연동 해석

- 인버터 제어로직을 반영한 **모터-인버터 연동 해석**
 - 제어로직이 반영된 인버터 회로 구성 및 모터 제어 정수를 반영한 실전류/실전압 인가 해석
- **인버터 스위칭에 따른 시간 고조파가 고려된** 모터 동작 특성 분석
 - 인버터 실전류 인가를 통한 실제 운전점별 모터 동작 특성 (토크, 표면 전자기력, 철손 등) 분석

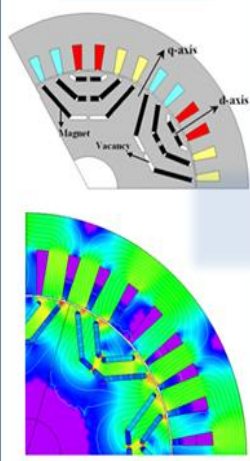
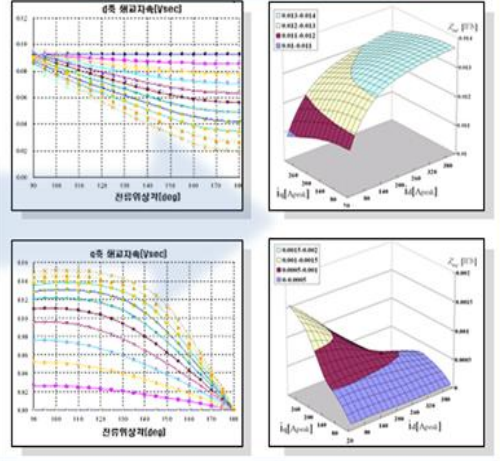
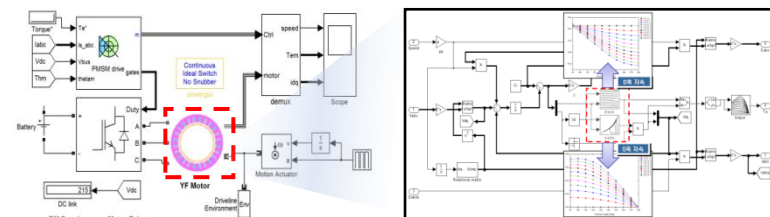
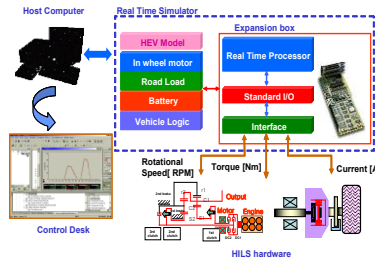
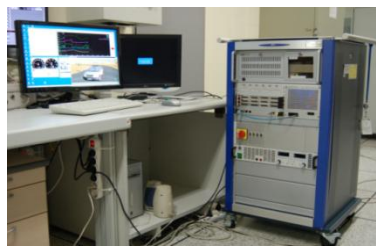


3. 모터 해석 기술 영역

2. 모터 융복합 수치 해석 및 설계 기술

4) Real-Time 모의 설계 평가

- 비선형 자계 특성을 고려한 정밀 전자계 수치해석 기반 **제어정수 추출**
 - 교차자화작용, 자기포화 특성이 반영된 정밀 제어정수 맵 데이터 구축
- 맵 기반 모터-인버터 모델링 및 연동 해석 수행을 통한 **Real-Time 모의 설계 평가**
 - 운전조건별 모터/제어 특성이 반영된 Real-Time 모의 평가를 통해 성능 검증 및 신뢰성 확보

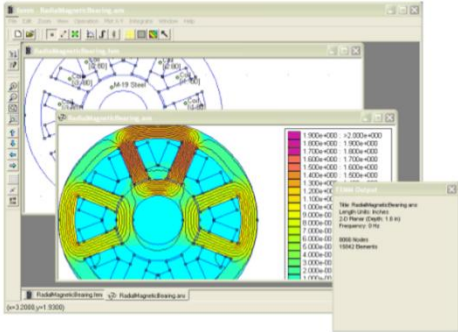
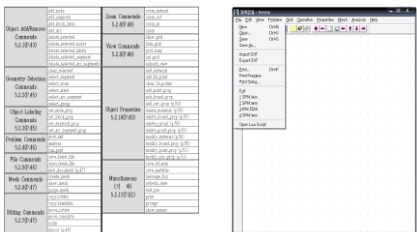
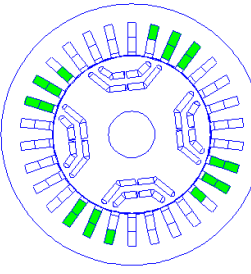
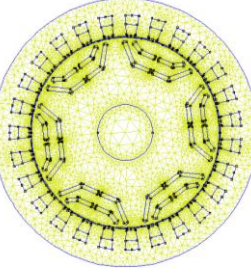
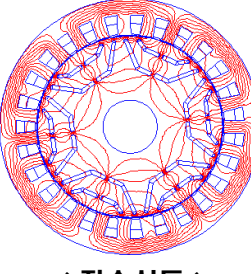
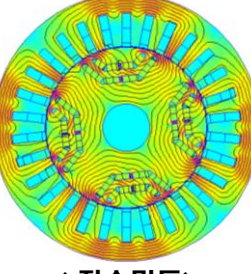
제어정수 맵 데이터 구축	Real-Time 모의 설계 평가
<div data-bbox="207 756 994 1270"> <p>수치해석 모델링</p>  <p>자계 비선형성을 고려한 제어정수 추출</p>  </div> <p data-bbox="310 1299 932 1335"><특성분석을 통한 제어정수 맵 데이터 구축></p>	<div data-bbox="1098 742 1864 956">  </div> <p data-bbox="1201 985 1761 1021"><맵 기반 모터-인버터 연동 해석 시스템></p> <div data-bbox="1098 1042 1471 1299">  </div> <div data-bbox="1491 1042 1864 1285">  </div> <p data-bbox="1243 1299 1719 1335"><Real-Time 모의 설계 평가 시스템></p>

3. 모터 해석 기술 영역

3. 모터 설계/해석 자동화 기술

1) In-House Code 기반 모터 설계 자동화

- In House Code 및 FEMM S/W를 활용한 모터 타입 및 형상 별 (고정자/회전자/영구자석) 설계 자동화 코드
 - 모터 타입 (SPMSM, IPMSM, WRSM, ...), 모터 형상 (극/슬롯 조합, 치 형상, 슬롯 형상, ...)
- 상용 FEM S/W를 활용한 모터 무부하/부하 등 특성 해석 자동화 코드
- 코드 수정을 통한 모터 자동화 설계 코드 DB 구축 및 다양한 형상 모델링 가능

C++ 코드 및 FEMM S/W	설계 / 해석 자동화
<p>< In House Code 및 FEMM S/W 기반 ></p> <ol style="list-style-type: none"> ① 설계 자동화 코드 (모델링) ② 특성해석 자동화 코드 (동적특성) <pre> //***** 입력 변수 및 설계 변수 입력하는 곳 ***** //***** 길이 단위는 mm로, 각도는 degree, 전류는 A * #define MAX_RPM 12000 //IGS 최대속도 #define MAX_I 500 //전류 제한치 #define pi 3.141592 #define pole 6 //극수 #define layer 2 //자석 층수 #define slot 24 //슬롯 수 #define pitch 3 //슬롯 피치 (2층권에서만 적용) #define s_turn 4 //슬롯당 턴수 (2층권에서는 레이어당 턴수) #define n_p 3 //영향 회로수 const int TYPE_R[layer] = {1,1}; //회전자 단인 결정 const int TYPE_R_sub = 0; //자석 단인 결정 const int TYPE_S = 1; //슬롯 단인 결정 const int TYPE_S_sub = 1; //치 라인 결정 (아크, 직선) const double ro=85; //회전자 외경 </pre>  <p>Finite Element Method Magnetics</p> 	<p>설계 / 해석 자동화</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1305 735 1574 1035">  <p>< 모델링 ></p> </div> <div data-bbox="1595 735 1864 1035">  <p>< 요소분할 ></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="1305 1049 1574 1342">  <p>< 자속선도 ></p> </div> <div data-bbox="1595 1049 1864 1342">  <p>< 자속밀도 ></p> </div> </div>

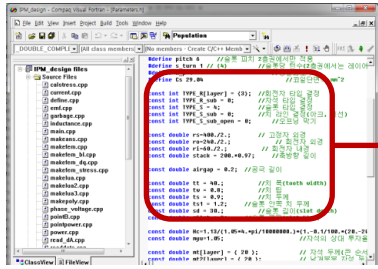
3. 모터 해석 기술 영역

3. 모터 설계/해석 자동화 기술

2) In-House Code기반 모터 타입 및 형상 설계 변수 설정

주요 설계 변수 설정

- 극/ 슬롯 조합
- 각 변수 별 치수
- 모터 타입 결정



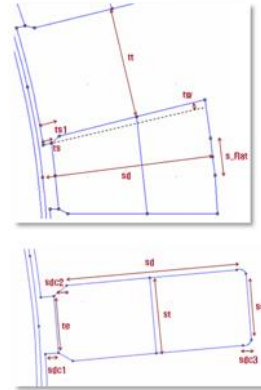
```

//***** Input / Desi
//***** Length [mm],

#define MAX_RPH 3800 //IGS max
#define MAX_I 1000 //Current Limit
#define pi 3.141592
#define pole 8 //No. of P
#define layer 1 //No. of M
#define slot 12 //No. of S
#define pitch 6 //Slot Pitch - only in
#define s_turn 1 // (4) //Turns fo
#define n_p 1 //No.
#define Cs 29.04 //

const int TYPE_R[layer] = {3}; //rotor ty
const int TYPE_R_sub = 0; //Magnet 1
    
```

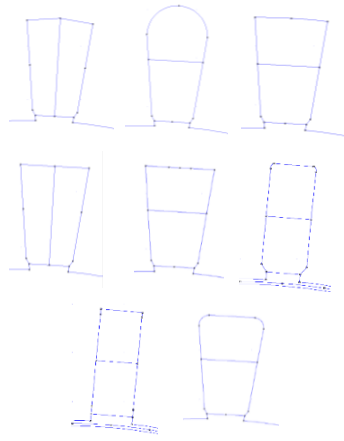
치수변수



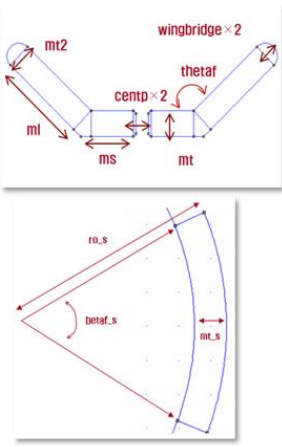
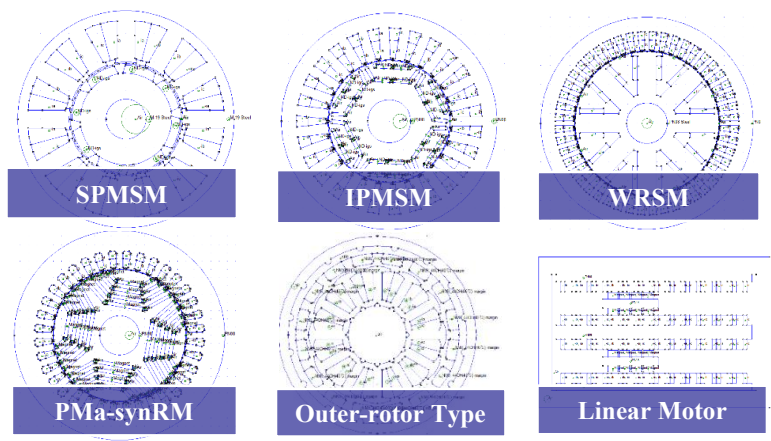
< 고정자 치수 변수 >

고정자 변수

1	Single Layer (Arc)
2	Single Layer (Line)
3	Double Layer (Arc)
4	Single Layer (Line)
5	Concentrated Winding (Line)
6	Concentrated Winding (Rectangle)
7	Single Layer (Waterdrop)
8	Double Layer (Waterdrop)
9	Single Layer (Arc Edge)
10	Double Layer (Arc Edge)
11	Single Layer (Sector)
12	Double Layer (Sector)
1	Single Layer (Rectangle Slot)
2	Double Layer (Rectangle Slot)
3	Single Layer (Rectangle_Arc)
4	Double Layer (Rectangle_Arc)



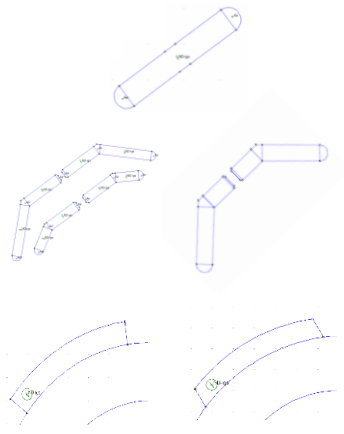
모터 타입별 형상 설계



< 회전자 치수 변수 >

회전자 변수

1	IPM 1
2	IPM 2
3	IPM 3
4	IPM 4
1	SPM Arc
2	SPM Line



3. 모터 해석 기술 영역

3. 모터 설계/해석 자동화 기술

3) 모터 설계/해석 자동화 기술

- In-House Code 및 상용 S/W를 활용한 모터 무부하/부하 등 특성 해석
 - 비선형 특성 및 교차자화 작용을 고려한 전자계 수치해석
- In-House 코드 및 상용 S/W Script 기반 자동화 코드를 이용한 모터 특성 해석 자동화
 - In-house 코드 및 상용 S/W script 활용을 통한 모터 특성 해석 자동화 및 다양한 부하별 데이터 맵 구축

모델링 및 특성 해석 자동화 코드

< In-House Code (C++ 코드) : 모델링 및 해석 자동화 >

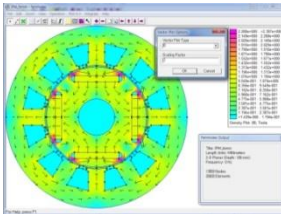
```

//***** 입력 변수 및 출력 변수 입력하는 곳 *****
//***** 입력 변수는 mm은, 출력 변수는 degree, mm은 a *****
Motor NLS_SPM_1200 //1200 회전속도
Motor NLS_1_S80 //정류 계환자
Motor p1 3.141592 //극수
Motor pole 4 //극수
Motor Layer 2 //층수
Motor slot 24 //슬롯 수
Motor slots 3 //슬롯 당의 슬롯을 차지한 경우
Motor s_turn 4 //슬롯은 4번이후에 다시는 되어야함 (단위)
Motor s_p 3 //정류모드

const int TYPE_R(layer) = (1,1); //회전자 뒤의 줄
const int TYPE_R_sub = 0; //회전자 뒤의 줄
const int TYPE_S = 1; //정류자 뒤의 줄
const int TYPE_S_sub = 1; //정류자 뒤의 줄 (극선)
const double ran=0; //회전자 회전
                    
```

```

//***** 비선형 Solving 부분 시작 *****
if (input > 0) //PM 특성형 (단위각) 정으로 무조건 비선형 해석으로 시작
{
    for (int i = 0; i < 100; i++)
    {
        Run();
        S11NonLinearSolver();
        S11NonLinearSolver();
        S11NonLinearSolver();
        if (con < con0) //수렴 조건 불만 4회 세팅
            break;
        Run();
        Run();
    }
}
//***** 비선형 Solving 부분 끝 *****
                    
```



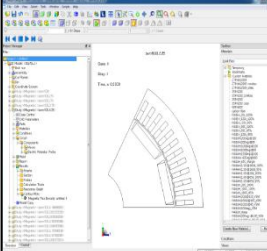
< 상용 S/W : 자동화 Script기반 비선형 수치해석 자동화 >

```

phase = 3
p = 12
rpm = 3630
freq = rpm*p/120
endtime = 60/rpm/p/phase
                    
```

```

*정류 범위 설정 입력*
For i_d = 10 To 510 Step 50 'i_d 정류 범위
For i_q = 10 To 510 Step 50 'i_q 정류 범위
                    
```




모터 특성 해석 자동화

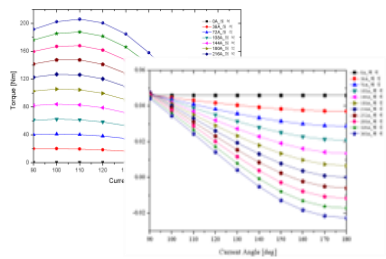
< 스크립트 코드를 활용한 제어정수 추출 자동화 프로세스 >

```

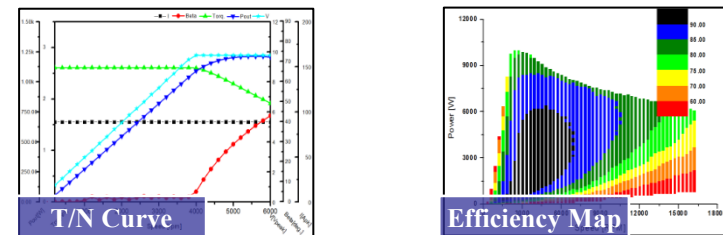
phase = 3
p = 12
rpm = 3630
freq = rpm*p/120
endtime = 60/rpm/p/phase

*정류 범위 설정 입력*
For i_d = 10 To 510 Step 50 'i_d 정류 범위
For i_q = 10 To 510 Step 50 'i_q 정류 범위
                    
```





< 제어정수 바탕으로 손실 해석 및 효율맵 구성 자동화 프로세스 구축 >



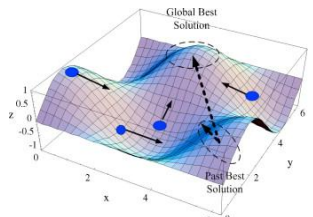
3. 모터 해석 기술 영역

4. 최적화 알고리즘 기반 최적설계 기술

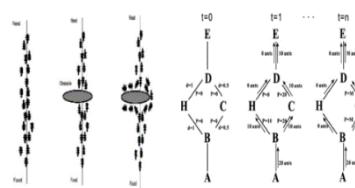
1) 지능형 최적화 알고리즘

- **확률론적 방법/ 결정론적 방법**을 혼합한 모터 최적 설계용 Memetic 알고리즘 개발
- 모터 최적설계를 위한 조건 분석 및 선정
: 목표 운전성능(목적함수), 주요 설계 변수, 제작성 등을 고려한 제한조건, ...
- **설계 자동화 코드 + 모터 특성 해석 + 최적화 알고리즘** ⇒ **최적설계 자동화 프로세스** 개발 및 최적설계 수행

Stochastic Method : 확률론적 방법

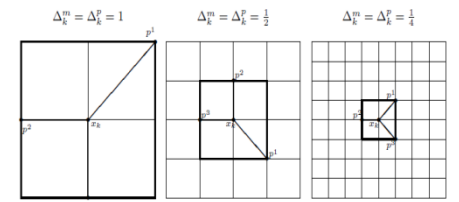


< Particle Swarm Optimization >

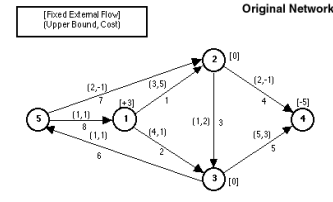


< Ant Colony Optimization >

Deterministic Method : 결정론적 방법

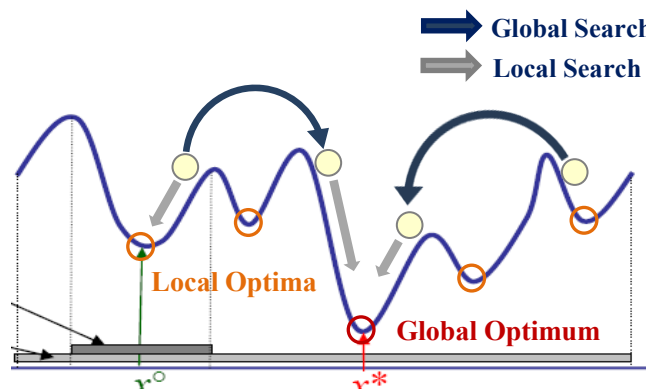


<Pattern Search Algorithm
- Generating Set Search>



<Simplex Method>

Memetic 알고리즘 (혼합형 알고리즘)



➡ Global Search
➡ Local Search

Local Optima Global Optimum

x^o x^*

- **융합형 Memetic Algorithm 적용**
 - 반복 횟수 및 계산 시간을 저감
 - 전역 최적해의 수렴성 개선

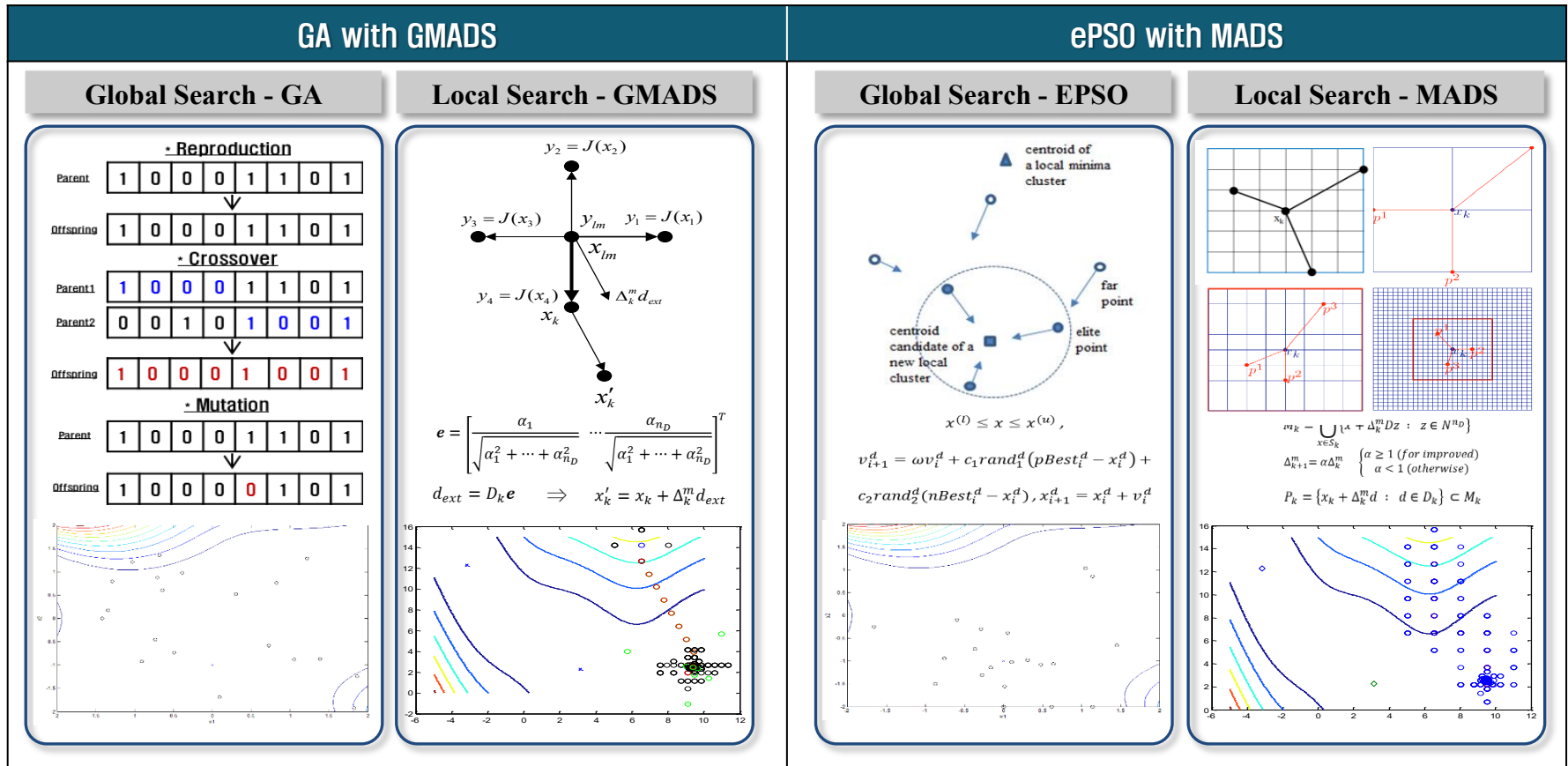
3. 모터 해석 기술 영역

4. 최적화 알고리즘 기반 최적설계 기술

2) 지능형 최적설계 알고리즘 개발

- 전기기기 연구실 대표 알고리즘 적용 (GA with GMADS, ePSO with MADS) (reported at IEEE Transaction on Magnetics)

: 지능형 최적화 알고리즘 개발 및 적용을 통한 최적설계 프로세스 수행



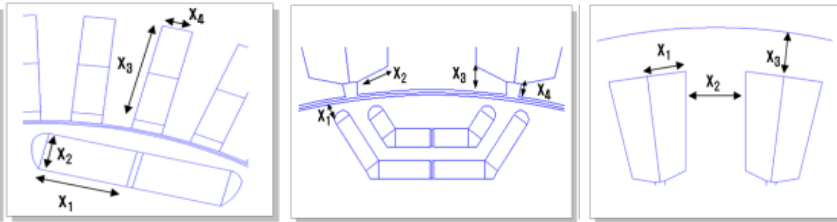
3. 모터 해석 기술 영역

4. 최적화 알고리즘 기반 최적설계 기술

3) 최적화 알고리즘 기반 모터 최적설계 프로세스

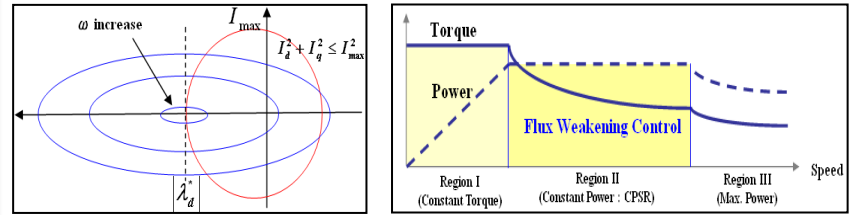
Step1. 핵심 설계 변수 선정

- 모터의 성능에 영향을 미치는 주요 형상 변수를 설계 변수로 선정하여 최적 설계 수행



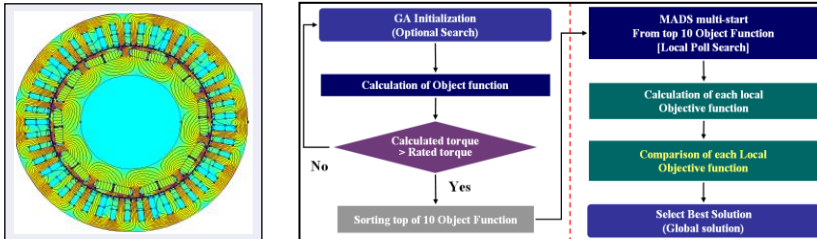
Step2. 제한조건, 목적함수 선정

- 최적 설계를 위한 형상적 제한 조건과 요구되는 목적 함수를 설정하여 목적에 알맞은 최적설계 수행



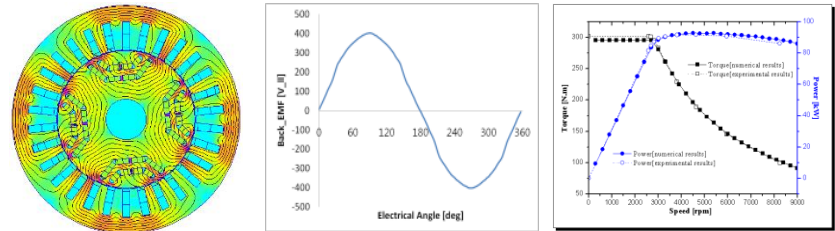
Step3. 최적설계 수행

- Intelligent Memetic Algorithm (지능형 융합 알고리즘)을 적용한 최적설계 수행



Step4. 최적설계 모델 분석

- 최적설계 모델의 전자계 수치해석 기반 성능 분석 및 운전 특성 분석

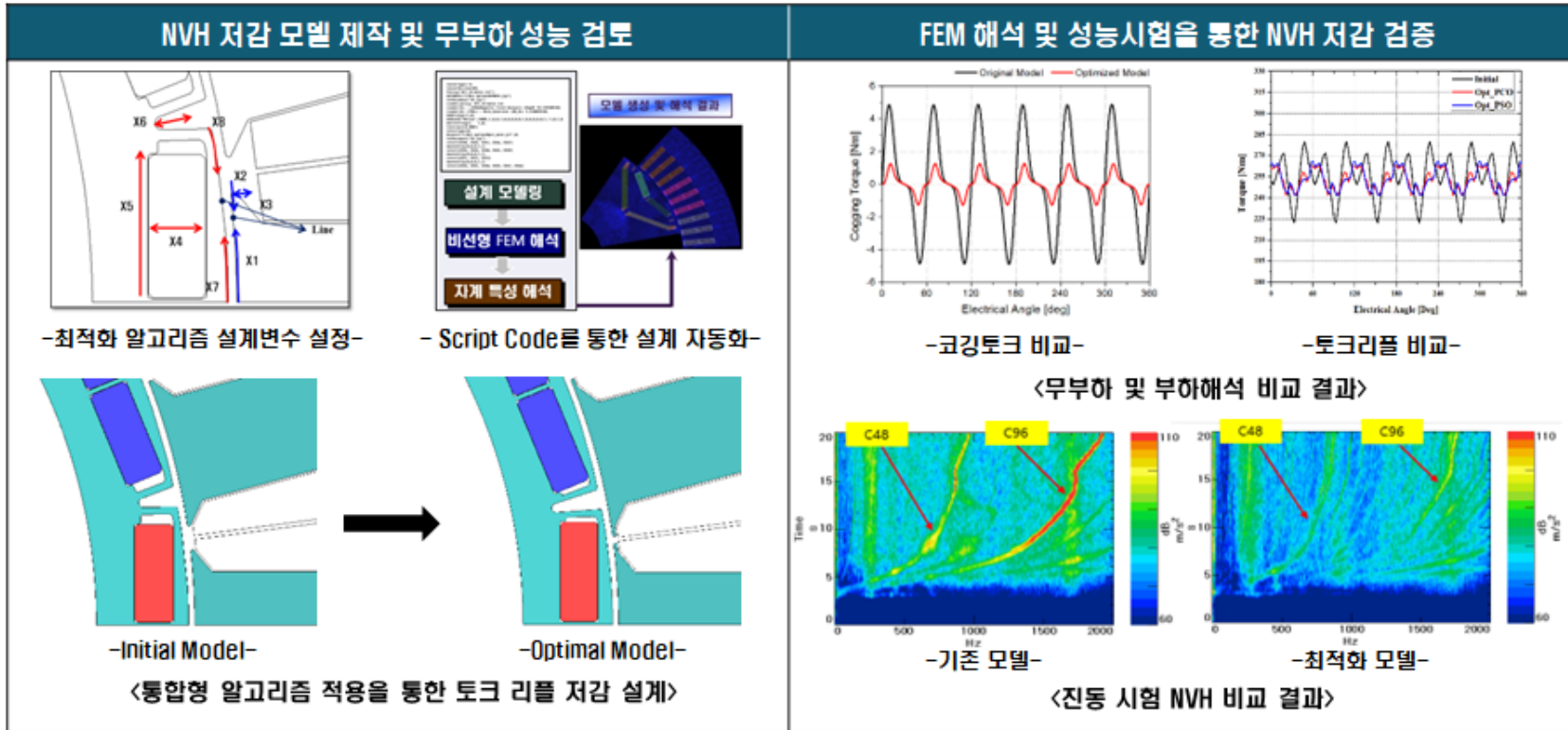


3. 모터 해석 기술 영역

5. 구동모터의 소음/진동 저감 기술

- NVH 성능 개선을 위한 전자계 최적 설계

- 구동모터 소음/진동(NVH)으로 인한 상품성 저하 문제에 따른 **NVH 저감 최적설계 필요**
- 수치해석을 통한 **토크 리플 성분, 표면 전자기력, 가진력** 등 소음/진동 관련 주요 특성 분석
- **통합형 최적화 알고리즘** 및 수치해석 연동을 통한 소음/진동 저감 최적설계
- 최적화 모델 시제품 제작 및 소음/진동 관련 전달계/방사계 성능시험 수행 [소음 : 약 8.1dB 저감 / 진동 : 약 9dB 저감]



첨부. 씨엘에스 회사소개

회 사 명

씨엘에스 (Ciel-S)

주 요 사 업

- **진동소음 및 내구 시험 & 해석 기술용역**
 - 진동소음 시험 및 해석 기술용역, Modal Test 및 TPA, ODS 시험 등
 - 내구 시험 및 해석 기술용역, 복합환경 진동 내구 시험 등
 - 시편 및 소재 물성 평가, 부재 및 구조물의 내구성 및 신뢰성 평가
 - 방진 마운트 시스템 및 방진고무 시험 및 해석 기술용역
 - 흡차음재 개발 시험 및 해석 기술 용역
- **모터 & 변속기, 감속기 개발 시험 및 해석 기술용역**
 - 모터 개발 시험 및 해석 기술 용역
 - 인휠모터 개발 시험 및 해석 기술용역
 - 변속기 및 감속기 시험 및 해석 기술 용역
- **해외 전기자동차 및 부품 구매 및 운송**
- **해외 전기자동차 및 부품 Teardown 및 Benchmarking 기술용역**
- **변속기 및 감속기 해석용 Transmission 3D S/W 판매 및 기술 용역**
- **3IS 해외 전기자동차 Electronics Benchmarking 분석 및 Data 판매**
- **Red-Ant 엔진 & 변속기, 모터, E-Axle 조기결함 검출장비 판매 및 기술용역**
- **NeST Digital Electronics, E-Cockpit Infotainment, ADAS & Connectivity, E-Mobility 판매 및 기술 용역**

연 락 처

수원 사무실 : 경기도 수원시 영통구 창룡대로 260 광고센터컬비즈타워 904호

군산 사무실 : 전라북도 군산시 소룡동 동장산 2길 6 자동차융합기술원 본관 1107호

메일 : info@ciels.co.kr

전화 : 010-3142-2161, 031-213-2161

팩스 : 031-213-2162