

800kW급 IPM 동기발전기 제작 사양서

2026. 07.

한 국 전 기 연 구 원

제작 사양서

I. 적용범위

본 제작 사양서는 한국전기연구원에서 수행중인 “차세대 전투차량용 하이브리드 전원공급 시스템 핵심기술 개발” 과제와 관련된 사항으로 아래의 사양에 의해 제작한다.

II. 일반사항

1. 적용 개요

- 1) 제품명 : 800kW급 IPM 동기발전기
- 2) 용도 : 전투차량용 하이브리드 전원공급 시스템의 필수적인 부품으로서, 원동기로부터 회전력을 전달받아 전력을 생산하는 발전기의 성능 검증 목적의 시제품임.
- 3) 특징 : 내전형으로서 회전자 내부에 V-형태의 삽입형 영구자석(Interior Permanent Magnet; IPM)을 갖는 IPM 동기전동기
- 4) 구조 : 발전기를 구성하는 부품은 다음의 조건을 만족해야 한다.

(1) 고정자 : 72개 슬롯이 형성되어 있으며, 제공되는 코어 형상과 권선 사양(3상 2층권 8병렬)을 준수하여 제작해야 한다.

(2) 회전자 : 16개 극이 형성되어 있으며, 제공되는 회전자 코어 및 영구자석 형상 도면을 준수하여 제작해야 한다. 회전자에서 영구자석은 1극당 2개의 막대자석이 V-형태로 배치되어 있다. 회전자 코어를 지지하는 회전체(회전축 포함)를 경량구조로 구성해야 한다.

(3) 수냉각 자켓 : 스파이어럴 또는 병렬형 수냉각 유로 구조를 가지고 양단에 입/출력구가 구비되어 고정자 조립체의 외부에 배치된다.

(4) 하우징 : 고정자 조립체와 수냉각 자켓의 외부에서 반경방향으로 이를 지지하면서, 회전자 조립체를 지지하기 위해 축방향 양단의 커버에 베어링 지지부를 구비하는 일반적인 회전기 구조를 가진다.

(5) 센서 : 온도센서(K-type)가 고정자 권선의 내부와 양측 엔드부에 취부되어야 한다. 각 센서 케이블 경로 및 입출력 단자 위치를 고려하여 센서가 배치되어야 한다.

2. 납품

- 1) **'800kW급 IPM 동기발전기' 시제품 1SET**를 한국전기연구원 7연구동 7212호에 납품한다. 발전기를 구성하는 상기 5개 부품이 모두 조립된 상태를 1SET로 정의 한다.
- 2) **납품기간은 계약일로부터 12주 이내**로 한다.
- 3) 제작자는 시제품을 당원에 인도할 때 다음의 자료를 제출하여야 한다.
가. 선간에서 저항, 인덕턴스, 역기전력 측정치 (3상 기준)
(사용한 LCR미터와 오실로스코프에 대한 정보도 같이 제시)

나. 재료 샘플 및 특성데이터

(필수항목: 영구자석, 고정자/회전자 코어, 코일, 에폭시, 베어링)

다. 발전기 부품 및 조립 공정 사진

라. 주요 부품 무게 측정 사진

(필수항목 : 고정자/회전자 코어, 영구자석, 냉각자켓, 하우징(프레임, 커버), 고정자Assy., 회전자Assy, 최종Assy.)

마. 발전기 2D 제작도면 및 3D 모델링

바. 발전기 밸런싱 성적서

- 4) 납품완료 시까지 제품에 대한 책임과 제품 인도까지의 제반 경비는 제작자가 부담한다.

3. 하자보증

- 1) 하자보증기간은 납품한 날로부터 1년 이상이어야 한다.
- 2) 하자보증기간 내에 하자가 발생한 경우에는 무상으로 수리 또는 교체하여야 하며, 수리 또는 교체한 부분의 하자 보증기간은 수리 또는 교체한 날로부터 1년 이상으로 한다.
- 3) 고장 및 사고의 원인이 제작자의 설계 및 제작 결함에 의한 경우일 때는 무상으로 수리 또는 대체 제작을 하여야 하며 사고로 인한 손실은 제작자가 부담한다.

4. 기타

- 1) 본 사양서에 해석상의 이견이 있을 경우에는 당원의 해석에 따른다.
- 2) 제시된 규격의 변경이 필요할 경우 담당자와 협의를 거쳐야 한다.
- 3) 사양이 제시되지 않은 부분들은 담당자와 협의하여 결정한다.
- 4) 제작에 사용되는 자재는 반드시 아래의 기술사양에 따라야 하고, 특별히 명시되지 않은 사양에 대해서는 반드시 KS, JIS, ANSI 등의 규격품을 사용

하여야 하며 사전에 담당자와 협의 후 결정한다.

- 5) 납품 전 Maker Factory에서 당 연구원 담당자의 검사를 받은 후 납품한다. 검사과정에서 발견된 결함부분에 대해서는 Maker에서 교체, 수정, 보완 후 납품하며, 이로 인해 납기지연이 발생할 경우에는 당 연구원 관련 규정에 따른다.
- 6) 검사신청은 납품 예정일로부터 7일 이전에 담당자에게 신청하며 검사신청 시 부품에 대한 사양서, 성적서 등의 관련서류와 검사 성적서를 제출한다.

III. 800kW급 IPM 동기발전기의 제작 사양

1. 발전기 치수 및 재료 사양

발전기 제작품의 고정자(코어) 및 회전자(코어/영구자석)의 전자계 구조 형상은 그림 1과 같으며, 치수는 표 1에 나타내었다. 보안성을 이유로 구체적인 치수는 생략하고, 대략적인 치수만 제공한다. 제작업체가 선정되면 관련 상세 치수를 공유한다(본 사양서에서 제시하는 치수는 일정 비율 내에서 변동될 수 있으며, 선정 시 최종 제작 치수 제공).

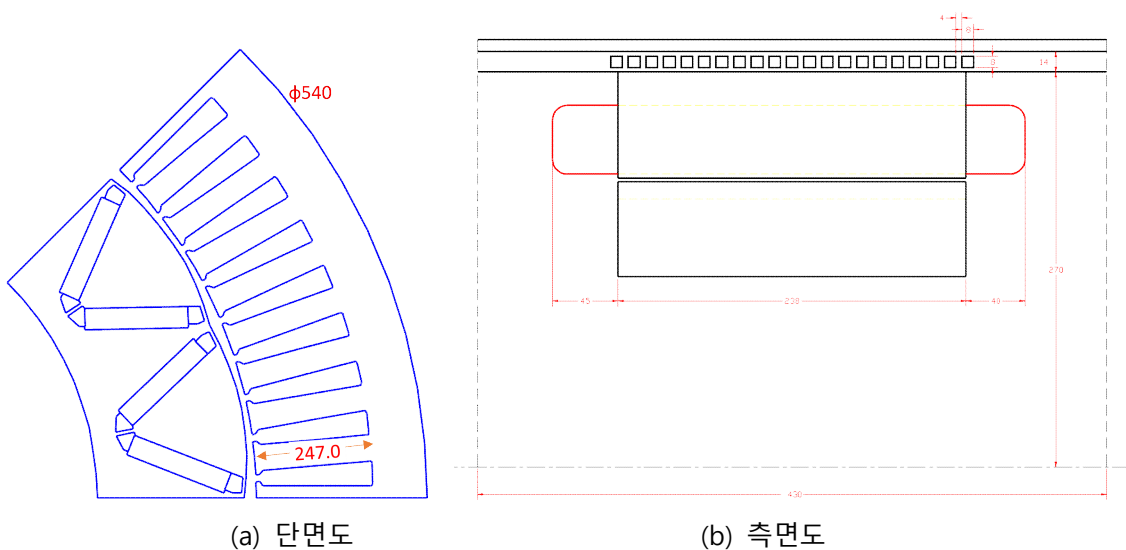


그림 1. 발전기의 고정자 및 회전자(코어 및 영구자석) 단면도

(* 측면도에서 엔드-권선의 돌출 길이는 추정치임.)

표 1. 발전기 치수

항 목		사 양	비 고
고정자	외경, mm	54.0	철심 기준
	내경, mm	395.0	철심 기준
	치 너비, mm	11.0	
회전자	외경, mm	390.0	PM포함
	내경, mm	260.0	철심 기준
공 극, mm		2.5	
영구자석	WxH	44x9 x32ea	Bar 형태
고정자/회전자 스택 길이, mm		238	적층강판 기준

제약 사항으로서, 그림1(b)에 나타낸 바와 같이 전동기 길이(양측 커버 끝단 기준)는 430mm 이내로 제한하며, 이를 위해 엔드-권선의 압착 작업이 필요할 수 있다.

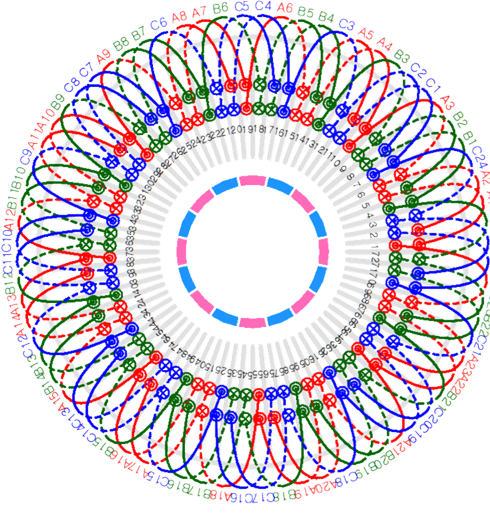
'800kW급 IPM 동기발전기'를 구성하는 각 부품의 상세 사양은 다음과 같다.

(1) 고정자 :

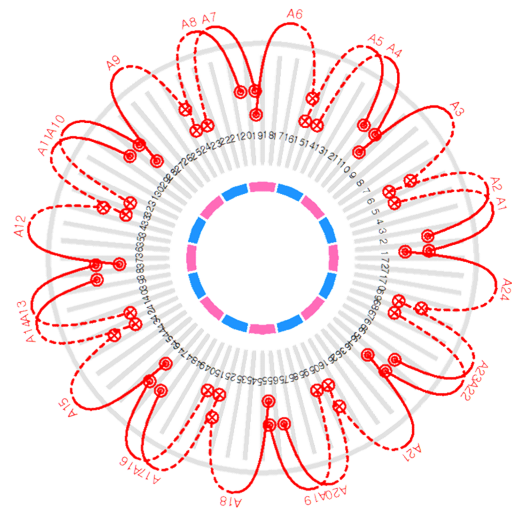
- 그림1(a)와 같은 형상으로 72개 슬롯이 형성되어 있으며, 제공되는 코어 형상과 권선 사양을 준수하여 제작해야 한다.
- 고정자 코어 재료는 포스코(대한민국)의 **35PN250(0.35t)** 동등 이상의 등급을 사용해야 하며, 축방향으로 238mm 적층(0.35t 기준 약 680매) 한다.
- 권선 사양은 표 2, 권선 분포도는 그림 2와 같다.
- 고정자 권선은 3상 2층권 8병렬로 구성되는데, Y-결선 중성점을 처리하고 프레임에 3개의 터미널(리드선) 처리 후 상표시 태그를 부착한다.
- 고정자 권선의 내부, 양측 엔드부에 온도센서(K-type)를 부착하고 인출.

표 2. 권선 사양

항 목	사 양	비 고
상수	3	
극수/슬롯수	16 / 72	
도체 사양	Φ1.0 x 22 Reel	절연 H-등급
코일 피치	4	
코일 당 턴수	5	
병렬 회로수	8	
직렬 권선수	15	
슬롯 점적율, %	약 44.0	Copper 기준
중성점연결	Y-결선	



(a) 3상 권선도



(b) A상 권선도

그림 2. 권선 분포도

(2) 회전자 :

- 회전자는 그림1(a)와 같이 삽입형 영구자석 형태로서, 16개 극이 형성되어 있고 1극당 2개의 막대형 영구자석이 V-형태로 배치되어 있다.
- 회전자 코어 재료는 포스코(대한민국)의 **35PN250(0.35t)** 동등 이상의 등급을 사용한다.
- 회전자 코어는 고정자 코어와 동일하게 축방향으로 238mm 적층(0.35t 기준 약 680매) 한다.
- 영구자석은 **NdFeB N45SH** 등급을 사용한다(UH/EH등급 대체 가능).
- 영구자석은 제작성에 따라 축방향으로 4~5등분하여 배치할 수 있다.
- 회전자 코어를 지지하는 회전체(회전축 포함)를 경량구조로 구성해야 하며, 회전축 반대편에는 외부에서 엔코더 등 속도센서를 장착하기 위한 축구조를 구성하고 하우징 외부로 도출해야 한다.
- 회전축은 토크 3,500Nm 이상의 비틀림에 변형이 없어야 한다(낙찰 후 회전축 사이즈 및 형상 제공 예정).

(3) 수냉각 자켓

- 발전기의 수냉식 냉각방식을 고려하여 그림1(b)와 같은 형태의 냉각자켓 제작을 고려해야 한다.
- 스파이어럴 또는 병렬형 유로 형태의 수냉각 자켓을 고정자 철심 외부에 반경방향으로 배치한다.

- 비용 견적 시 그림1(b)의 형태와 치수를 참조하고, 냉각자켓 상세 치수와 형태는 구매 계약 후 제공한다.

(4) 하우징(프레임) 및 베어링:

- 하우징(프레임)은 냉각자켓의 외부에서 반경방향으로 이를 지지하면서, 회전자 조립체를 지지하기 위해 축방향 양단의 커버에 베어링 지지부를 구비하는 일반적인 회전기 구조로 제작한다.
- 하우징(축 반대편 커버)에 권선 리드선을 배치하고, 온도센서선이 인출되도록 한다.
- 하우징은 도전율이 낮고 강도가 높은 60계 이상의 알루미늄 합금을 사용하고, 아노다이징 색상은 추후 협의 후 결정한다.
- 베어링은 회전속도 2,550rpm 이상에서 파손이 없도록 전문 제품을 선정하여 회전자의 양측에 배치시킨다(축방향으로 외력 없음).

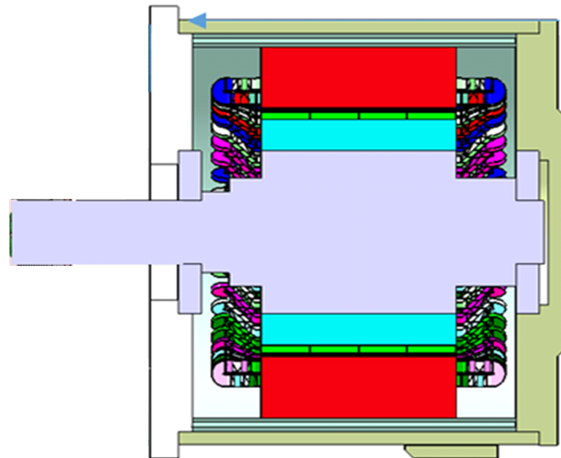


그림 3. 발전기의 하우징(프레임, 커버) 예시

(5) 센서 :

- 온도센서는 K-type을 사용한다.
- 고정자 권선의 내부(상측 1개), 양측 엔드부(각각 1개)에 온도센서를 부착하고 인출한다.
- 각 센서 케이블 경로와 입출력 단자 위치를 고려하여 센서가 배치되어야 한다.

2. 제작 기술 사양

- 치수는 제시하는 사양을 만족하여야 하며, 비틀림 및 변형이 방지되어야 한다.

- 전원선과 신호선 배치 및 터미널 연결과정에서 절연이나 노이즈 문제가 발생하면 안 된다.
- 발전기의 회전자는 밸런싱이 이루어져야 한다. (밸런싱 등급 G1 이상)

3. 검수 시험 내용

아래의 항목을 측정하여 제작된 제품의 기계적 사양을 검증하도록 한다.
(제시 측정법 이외의 방법을 적용 시 협의를 통해 결정 후 실시한다.)

- 시제품과 함께 납품되는 2D 도면에 주요치수, 조립공차, 사용재질이 명기되어 있어야 한다.
- 시제품과 함께 납품되는 샘플 재료들과 그에 대한 특성표가 제출되어야 하며, 특히 영구자석 시료는 공기중에서 표면자속밀도를 측정하여 그 값들을 표로 제시해야 한다.
- 조립공차는 $\pm 0.05\text{mm}$ 이내를 만족해야한다. 치수 측정은 버니어캘리퍼스 등을 이용한다.
- 절연저항을 측정하여 권선 절연에 문제가 없음을 보여야 한다.
- 회전자의 밸런싱 등급을 만족하는 성적서를 제출해야 한다.