

단상유도전동기

- 11. 1 단상유도전동기의 분류
- 11. 2 단상유도전동기 특성 Data
- 11. 3 전압과 주파수 변동에 따른 특성의 영향
- 11. 4 단상유도전동기 운전조건(컨덴서기동형)
- 11. 5 내구성 향상을 위한 단상유도전동기의 충분조건
- 11. 6 단상유도전동기 사용환경 및 부하특성에 따른 적용
- 11. 7 단상유도전동기용 부품이해
- 11. 8 사용전압에 따른 결선 방식
- 11. 9 단상유도전동기의 고장과 대책

11. 단상유도전동기

11.1 단상유도전동기의 분류

표 11-1 기동방식에 따른 분류

항 목	종 류	분상기동식 전동기	컨덴서기동식 전동기	컨덴서기동 운전식	컨덴서운전식
구 조		원심력스위치가 있는 구조	원심력스위치와 기동용 컨덴서가 있는 구조	원심력스위치와 기동 및 운전용 컨덴서가 있는 구조	원심력스위치는 없고 운전용 컨덴서가 있는 구조
출력의 범위		100~200W	100~2200W	400~2200W	100~750W
최소기동토크 * 주(1)		작다 (125%)	크다 (200~250%)	크다 (200~250%)	극히 작다 (50%)
기동전류		크다	작다	작다	작다
효율		낮다	낮다	높다	높다
가속특성					
회로 *주(2)					
용도		기동토크가 작아도 되는 일반 동력용	기동토크가 크고 최대 기동전류가 낮은 것을 요하는 동력	기동토크가 크고 고역률을 요하는 동력	기동토크가 아주 낮고 정·역회전 및 기동빈도가 높은 소출력을 요하는 동력 공작기계, 연마기
용도에		공작기계, 연마기, Blower, 믹서, 얼음연삭기, 교반기, 건조기	펌프, 공기압축기, 사무용기계, 건조기, 공작기계, 식품기계		팬, Blower, 복사기, 교반기, 소형펌프, 화학기기, 열풍기

주: 1. ()안은 전기용품기술기준 및 KS에 준한 값으로 정격토크에 대한 백분율을 나타냄. 실측치가 ()값 미만일 경우는 명판에 그값을 표기함.
 2. 회로기호 M : 주권선 S : 보조권선 SW : 스위치
 Cs : 기동용 컨덴서 CR : 운전용 컨덴서

11.2 단상유도전동기 특성 DATA

표 11-2 단상유도전동기 특성 Data

기동방식	극수	출력 (kW)	프레임 번호	전압 (V)	전 부 하			기 동		최 대 토크 (%)	효 율 (%)	컨덴서 용량(μF)	
					토크(kg·m)	전류(A)	회전수(rpm)	토크(%)	전류(A)				
컨덴서기동형	4			220	71	0.056	1.4	1740	260	7	260	48	100
					71	0.112	2.8	1750	260	11.5	260	52	180
					71	0.139	3.2	1750	260	15	260	57	200
					71	0.167	3.8	1750	260	17	260	55	200
					90	0.222	4.5	1755	240	21	225	59	200
					90	0.305	6.0	1750	260	30	240	61	310
					90	0.415	7.7	1760	240	40	240	63	400
					90	0.608	8.8	1755	245	65	240	65	400
					112	0.823	12	1770	220	96	270	70	800
					112	1.209	20	1755	220	140	320	75	1200
컨덴서운전형	4			220	71	0.057	1.0	1725	50	4.7	250	50	7
					71	0.113	1.6	1720	60	6	220	60	12
					71	0.171	2.2	1720	50	8.5	200	60	16
					90	0.225	2.8	1715	63	13	230	65	23
분상기동형	4			220	71	0.057	1.5	1740	170	9	230	47	-
					71	0.112	2.75	1750	140	26	240	51	-
컨덴서기동 및 운전형	4			220	90	0.221	3.0	1770	280	24	300	66	30,180
					90	0.420	5.2	1770	280	42	300	73	40,300

11. 3 전압과 주파수변동에 따른 특성의 영향

표 11-3 전압과 주파수변동에 따른 특성의 영향

항목 \ 조건	E : 일정 f : 50→60Hz	E : 일정 f : 60→50Hz	f : 일정 E : 200→220V	f : 일정 E : 220→200V	200V/50Hz→ 220V/60Hz	220V/60Hz→ 200V/50Hz
전자속 및 자속밀도	17% 감소	20% 증가	10% 증가	10% 감소	9% 감소	9% 증가
여자전류	20~30% 감소	20~50% 증가	10~20% 증가	10~15% 감소	10% 감소	10% 증가
일차전류	5% 감소	5~10% 증가	거의 일정	거의 일정	10% 감소	10% 증가
역률	5%정도 향상	5%정도 저하	5%정도 저하	5%정도 향상	2~3%향상	2~3%저하
슬립	거의 일정	거의 일정	10% 감소	10% 증가	10%감소	10%증가
철손	약간 감소 5%정도	약간 감소 5~10%정도	10~20%증가	10~20%감소	약간 증가	약간 감소
고정자동손	10%감소	10~20%증가	거의 일정	거의 일정	20%감소	20%증가
회전자동손	거의 일정	거의 일정	20%감소	20%증가	20% 감소	20%증가
전손실	10~12%감소	15~30%증가	거의 일정	거의 일정	10%정도 감소	10%정도 증가
효율	2%정도 향상	3~4%감소	거의 일정	거의 일정	2~3%향상	2~3%저하
온도상승	5~10deg 저하	5~10deg 증가	약간 감소	약간 증가	10deg정도 저하	10deg정도 증가
최대토크 기동토크	17% 감소	20% 증가	21% 증가	17% 감소	거의 일정	거의 일정
기동전류	17% 감소	20% 증가	10% 증가	10% 감소	9% 감소	9% 증가

11. 4 단상유도전동기 운전조건 (컨덴서기동형)

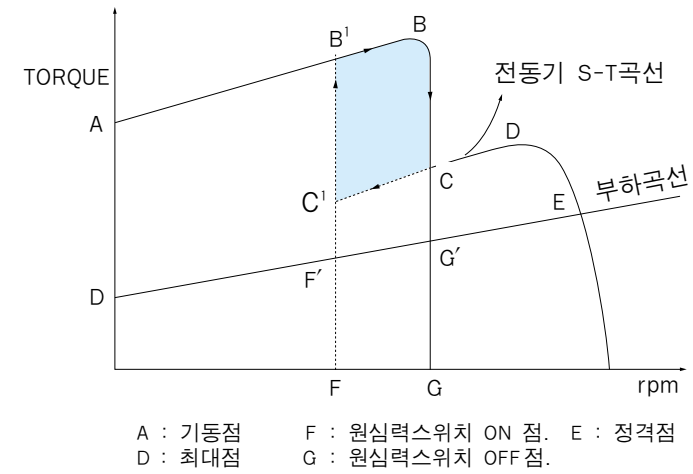


그림 11-1 단상유도전동기 S-T Curve (컨덴서기동형)

- 1) 초기운전시(기동시) 전동기 운전상태
A → (B') → B → C → D → E → 지속
- 2) 1)의 정상상태에서 갑작스런 과부하가 걸릴 경우 운전상태
E → D → (C) → C' → B' → B → C → D → E
- 3) 1)의 정상상태에서 구속부하가 걸릴 때 운전상태
E → D → (C) → C' → B' → A
- 4) 4극 일 경우
F(스위치 ON) 점 : 500~1000 rpm
G(스위치 OFF) 점 : 1000~1350 rpm
F와 G점, 회전수차 : 100이상 (100이하일 경우는 부하변동에 따른 스위치 오동작이 일어나 운전상에 문제발생, 기동불량 및 F와 G점 사이에서의 연속운전등)
- 5) A, C점이 부하곡선 아래에 위치할 경우 기동불가.

11. 5 내구성 향상을 위한 단상유도전동기의 충분조건

- 1) 원심력스위치의 내구성 보장
단상유도전동기에서의 가장 핵심적인 기능이라 할 수 있는 기동코일전원 차단용인 원심력스위치의 고정부접점 및 회전부의 스프링이 갖는 기구적, 전기적인 내구성 테스트를 통하여 아래 표와 같이 탁월한 내구성을 갖고 있다.

표 11-4 무부하 상태에서의 원심력스위치 On-Off 시험(회)

구분 \ 항목	LG · OTIS 규격	LG · OTIS 전동기 실측치	타사 수준
저출력(750W 이하)	50만회 이상	64만회	10만회
고출력(750W 초과)	15만회 이상	16만회	10만회

2) 컨덴서 내구성

단상유도전동기에서 주요부품인 컨덴서의 내구성 부분은 KS C 4803(전동기 기동용 전해 컨덴서) 및 KS C 4805(전기기기용 컨덴서)의 성능수준에 만족하는 것으로, 전원영향에 따른 컨덴서의 성능저하를 최소화 하였다.

3) 절연처리

사용자의 인명과도 연관이 있는 절연방법은 단상유도전동기 전기종에 자동바니쉬시스템(UL F종 시스템 취득)을 적용하여 과거의 유용제바니쉬를 쓰지 않고, 무용제바니쉬를 사용하여 작업완료후 완전건조를 시킴으로서 건조중 발생하는 가스(경화용신나등)로 인한 주위 금속물의 부식 및 발청문제를 해결하였고, 거의 완벽한 바니쉬처리로 절연성능의 극대화는 물론 절연물과 Coil의 진동으로 발생하는 절연노화, 소음 등을 완전히 제거하였다. 또한 3,000Volt 이상의 임펄스 시험을 실시하여 권선의 절연상태를 전수검사함으로 신뢰성을 확실히 보장하였다.

11. 6 단상유도전동기 사용환경 및 부하특성에 따른 적용

단상과 삼상유도전동기를 비교하여 볼 때 컨덴서, 원심력 스위치, 기타 인출선 등 그 보조부품들 까지 포함하면 단상유도전동기 부품수가 월등히 많아서 강도나 내구성면에서 부품수가 적은 것보다 떨어진다. 특히 전기기기에서는 그 문제가 더욱 클 수 있다. 따라서 단상유도전동기 제작업체에서는 더 많은 부품관리는 물론 작업관리까지 신경을 써야하는 어려움이 있고, 단상전원의 특성상 소비전력면에서 삼상전원보다 불리하여 KS에서는 단상유도전동기를 1HP 이하까지만 규정하고 있고, 일본의 경우는 1.1kW(1.5HP)까지만 단상유도전동기를 생산하고 그 이상의 출력범위의 유도전동기는 삼상으로 권장, 사용되고 있다.

이상에서와 같이 단상유도전동기가 삼상유도전동기에 비해 환경적응이 열악하다고 할 수 있어 일반 소비자들의 단상유도전동기를 적용할 경우 유념하여야 할 사항들을 사용환경과 부하로 구분하여 설명한다.

11. 6. 1 사용환경에 따른 단상유도전동기 적용

(1) 주위온도

단상유도전동기 중 컨덴서를 부착하는 컨덴서기동형과 컨덴서운전형의 단상유도전동기는 특히 주위온도에 주위를 요한다. 컨덴서의 종류에 따라 차이는 있을 수 있으나 주위온도에 따라 컨덴서의 전기적성능(용량,역률, 내전압 등)이 급격히 떨어져 전동기 성능저하에 직접적인 영향을 준다. 따라서 주위온도가 -10℃ ~ 40℃를 벗어나는 경우는 컨덴서 부착위치등을 고려하여 줄 필요가 있다. 해결방법으로서 컨덴서를 발열체인 전동기 프레임에서 일정거리 떨어진 위치에 설치하던지, 인출선을 길게하여 격리된 장소에 설치하는 방법등을 고려한다.

예) 열풍기나 직사광선을 직접 받는 장소에 설치되거나, 주변의 공기흐름이 막혀있는 기계장치등에 부착하는 경우는 별도장소에 설치를 고려.

2) 주위환경에 따른 보호방식

일반적으로 삼상유도전동기의 경우는 보호방식에서 물의 침입에 대한 개념에 치중이 되어 있어 삼상유도전동기와 동일한 보호방식의 단상유도전동기를 적용하여 큰 문제를 일으키는 경우가 많은데, 이는 단상유도전동기 내부에는 원심력스위치라고 하는 부품이 있어 물의 침입, 분진 또는 먼지의 침입을 고려한 보호방식이 필요하다.

왜냐하면 원심력스위치의 On-Off시 서로 붙는 접점에 먼지가 묻든지 이물질이 들어가면 접점이 융착되어 정상운전후에도 기동코일의 전류를 끊어주지 못하고 상당히 높은 기동전류가 계속 흘러 권선의 소손이 발생하는 경우가 있다.

따라서 단상유도전동기의 경우 주변에 분진 또는 먼지등이 날리는 환경에서는 보호방식으로 전폐형, 기동방식 구분에서는 원심력스위치가 없는 컨덴서운전형이 적합하다. 물론 기동방식 적용구분은 부하특성을 고려하여 결정하여야 한다.

예) 농기계 관련장치, 지면과 가까운 높이에서 설치 운전될 때 주위에 먼지등을 일으킬 수 있는 장치 및 구조물이 있는 경우는 특히 주의하여야한다.

11. 6. 2 부하특성에 따른 단상유도전동기의 적용

부하특성에 따른 단상유도전동기 적용구분은 일반적으로 기동시 필요한 토오크에 따라 적용되는 기동방식에 따라 구분되어 사용되는데, 실제로는 사용정격에 따라서도 그 구분을 명확히 할 필요가 있다.

왜냐하면 원심력스위치를 사용하는 컨덴서기동형, 컨덴서기동 및 운전형, 분상기동형 등의 단상유도전동기는 기동을 위하여 스위치가 한번 On-Off 할 때마다 접점부분은 순간적으로 수 천도의 열이 발생하는데, 만약 기동이 잦은 반복부하로 연속사용이 될 경우는 과열로 원심력스위치의 고장이 생길 수 있다. 물론 스위치의 성능을 보장하기 위하여 열전달을 통한 자연냉각이 쉽게 될 수 있도록 설계하였지만 연속적인 기동전류의 통전은 스위치의 수명을 단축시킨다.

따라서 기동종류별 적합한 부하특성을 설명하면 다음과 같다.

1) 컨덴서기동형유도전동기

일반적으로 단상유도전동기에서 가장 많이 사용되고 있는 기종으로 기동용컨덴서와 원심력스위치를 갖고 있어 그 만큼 적용에 주의가 요하는 종류이다. 특히 일반표준형이 방적형구조로 되어 있어서 사용환경에도 유념해야 하며, 기동토크가 가장 높은 단상유도전동기다. 따라서 기동력이 많이 요구되는 장치에 주로 부착되지만 부하의 관성모멘트가 너무 크다든가 하여 기동시간이 많이 소요되는 경우에는 문제가 다르다.

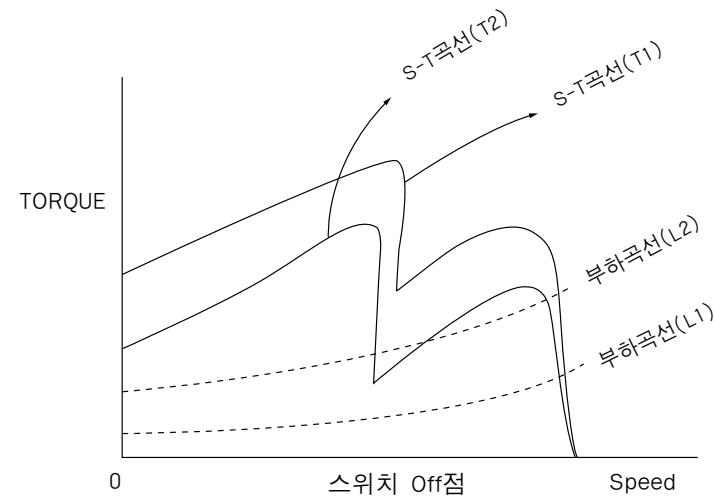


그림 11-2 컨덴서기동형단상유도전동기 S-T곡선

위의 그림에서 L1의 부하곡선을 갖는 부하에 T1의 S-T곡선을 갖는 단상유도전동기가 결합된다면 아주 이상적인 것이 될 것이다.

그러나 부하곡선 L2가 요구되는 부하에 S-T곡선 T1을 갖는 유도전동기가 결합된다면 부하곡선이하의 면적(기동력)비교에서도 알 수 있듯이 기동시간이 2배이상 소요 될 것이다.

또한 부하곡선 L2의 부하에 S-T곡선 T2의 유도전동기가 결합된다면 기동시간이 3배 가까이 걸려 운전이 될 것 같지만 스위치 Off시의 전동기토크가 부하의 필요토크보다 낮기 때문에 11. 4의 2)상태로 계속 스위치 On-Off 상태를 반복하면서 계속되는 기동전류로 전동기가 소손되던지 또는 컨덴서가 과부하로 파괴되는 문제가 발생한다. 따라서 이 때는 T1의 S-T곡선을 가진 전동기를 적용해야 한다.

특히 일반소비자들이 스위치 Off점을 높이기 위하여 원심력스위치의 스프링강도를 조정하는 경우가 있는데, 이는 스프링의 내구성에 문제를 일으켜 안전사고의 위험이 있다.

2) 분상기동형

이 기종은 컨덴서가 필요없이 기동코일에 원심력스위치만 연결되어 운전되는 것으로, 기동코일과 주코일의 리액턴스 차에 따라 발생하는 전기적 위상각으로 기동되는 방식으로, 컨덴서기동형보다는 기동토크가 낮지만 컨덴서운전형 보다는 기동토크가 훨씬 높다. 분상기동형은 기동코일의 전류밀도가 타기종 보다 높게 설정되어 기동코일에 전기적부하가 많이 걸리므로 300W급 이상의 출력에는 적용을 피하는 것이 좋으며, 특히 기동반복이 빈번한 제품에서는 더욱 불리해 진다. 일반적으로 연마기, 교반기등에 많이 쓰인다.

3) 컨덴서운전형 (컨덴서전동기)

원심력스위치가 없고 운전용컨덴서만 있는 기종으로 기동시나 운전시 동일한 운전용컨덴서의 역할로 작동되고 있다. 따라서 이 기종에 적용되는 운전용컨덴서의 경우는 기동코일의 부하를 대폭 줄이기 위하여 컨덴서용량이 적고, 운전시에도 지속적인 성능을 유지하기 위하여 전압은 높게 설정된 것을 사용하여, 신뢰성이 높고 운전효율도 단상유도전동기 중에서 가장 높은 편이다. 그리고 원심력스위치가 없어 정·역회전 또는 기동빈도가 잦은 기종에 적합하나 기동토크가 낮다는 단점도 있어, 저토크부하인 팬이나 Blower 등에 널리 사용되고 있다. 이러한 이유로 실제 가정용제품의 단상유도전동기는 대부분 컨덴서운전형이다. 예를 들면 세탁기, 냉장고, 선풍기, 에어컨등이 해당된다.

그러나 세탁기는 높은 기동토크가 요구되는 제품이므로 세탁기에 적용되는 단상유도전동기의 고정자 및 회전자는 특수구조로 된 것을 사용하여 그 성능을 내고 있다.

4) 컨덴서기동 및 운전형(컨덴서기동운전식전동기)

컨덴서기동형과 컨덴서운전형을 복합시켜 놓은 기종으로, 두 기종의 성능을 동시에 갖고 있다. 특히 원심력스위치는 물론 기동용컨덴서와 운전용컨덴서가 있는 구조로 고가이며, 높은효율과 낮은 기동전류가 요구되는 제품에 사용되고 있다.

5) 공통사항

단상유도전동기는 출력 1.5 HP(1.1kW) 이상이 되면 기동입력이 상당히 높아 기동시에 발생하는 전압강하가 더욱 크다.
따라서 전원용 전선을 여유있는 굵기로 선정할 필요가 있다.

11. 7 단상유도전동기의 주요부품

11. 7. 1 원심력스위치

원심력스witch는 단상유도전동기에 전원을 인가하면 회전자 회전을 시작하는데 정격 회전수의 60% 수준에 이르면 스위치의 회전부의 접점 누름판이 원심력에 의해 올라가면서 접점이 열려 전원을 끊어주고, 반대로 전원이 Off 또는 과부하로 인하여 회전자 회전수가 떨어지게 되어 정격회전수 50%이하가 되면 스위치 회전부에 접점 누름판이 내려가 접점을 연결시켜 재 기동력을 내는 방식으로 되어 있다.
여기서 원심력스위치의 주요부분을 설명하면 다음과 같다.

(1) 접점

접점의 재질은 주로 Ag Cdo이며 용점은 1100°C 이고 아크발생시 접점의 방열작용이 좋으며 전기전도도도 양호한 것이다. 특히 접점의 표면조도가 나빠면 내아크성이 떨어지게 되는데 스위치 단품을 취급할때 접점부에 이물질이 묻지 않도록 해야하며, 제품과 체결되어 운전될 경우도 주위환경에 주의 해야한다.

(2) 스프링

스위치의 회전부에 붙어있는 스프링은 회전부 원심력에 의한 접점 누름판을 지지해 주는 기능을 갖고 있으며 접점을 눌러주는 접촉압력과의 연관이 있다. 따라서 단상유도전동기의 극수에 따라서 원심력스위치에 사용되는 스프링도 다르며, 출력에 따라 접점의 규격도 다르게 되어 있다. 일반적으로 접점의 접촉압력은 스위치회전부의 스프링과 접점을 지지하여 주는 접점판에 따라 결정되는데 접촉압력이 클수록 정격전류치는 상승된다. 따라서 규격이 다른 스위치의 회전부 또는, 고정부의 교체는 실제 요구성능을 만족시키지 못하게 됨으로 주의해야 한다.

11. 7. 2 컨덴서

단상유도전동기에서 사용하는 컨덴서는 크게 두가지가 있다.
먼저 컨덴서기동형에 적용되는 전동기의 기동용 전해컨덴서와 컨덴서운전형에 적용되는 전기기기용 컨덴서인데 이는 그 구성재질에 그 차이가 있지만 특성에 따라 사용용도가

구별되어 있다. 그리고 주위온도와 컨덴서에 걸리는 전압의 영향으로 그 품질 즉, 성능에 까지 영향을 주게 된다.
위 두가지 컨덴서의 특이점을 아래표에서 비교해 본다.

항목 \ 종류	전동기 기동용 전해컨덴서	전기기기용 컨덴서
단상 유도전동기	컨덴서 기동형	컨덴서 운전형
용량	크다	작다
정격전압	낮다	높다
특기사항	기동시에만 컨덴서 작용	기동및 운전시 컨덴서 연속작용

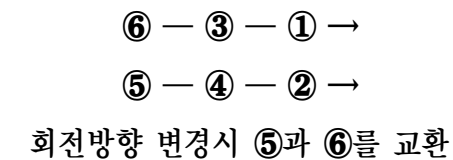
11. 8 사용전압에 따른 결선방식

1) 단전압일 경우



2) 양전압일 경우

(저전압)



(고전압)



□ 부분은 전원선과는 별개로 같이 묶어서 절연처리 한다.

11. 9 단상유도전동기의 고장과 대책

항 목	원 인	대 책
1. 기동이 되지 않는다.	(1) 정전	인입선의 결선을 확인하고 이상이 없을 경우 한전에 알린다.
	(2) 접속선의 단선 또는 결선불량	전선및 결선을 조사한다.
	(3) 컨덴서 접촉불량	컨덴서 단자부 접촉부분을 조정한다.
	(4) 고정자권선의 단선	권선을 수리하여 교환한다. 전혀 수리가 불가능 할 때는 공장으로 연락한다.
	* (5) 스위치 접촉불량	원심력스위치의 회전부와 고정부를 조정한다.
2. 소리가 나는 경우	(1) 전동기내 이물질 침입	이물질 제거
	(2) 베어링 마모에 의한 회전자와 고정자가 접촉	베어링을 교환한다. 접촉부분의 수리 및 끝손질을 한다.
	(3) 스위치 변형	원심력스위치의 회전부와 고정부의 접촉부분을 조정한다.
3. 과열됨	(1) 전압강하 및 전압상승	규정된 전원인출선을 사용한다. 변압기의 탭을 조정한다.
	(2) 통풍이 방해된다.	통풍로에 이물질 및 기타 장애물이 쌓여 있으면 제거한다.
	(3) 과대한 부하	규정의 부하까지 내린다.
	* (4) 운전중에 기동코일에 통전	원심력스위치의 회전부와 고정부를 조사 조정한다.
4. 속도가 급히 떨어지거나 정지됨	(1) 전압 강하	규정의 전원인출선을 사용한다. 트랜스의 탭을 조정한다.
	(2) 과대한 부하	규정의 부하까지 내린다.
	(3) 접촉불량	인입선 및 기타 접속부분을 조사, 수정한다.
	(4) 베어링 소손	베어링을 교환한다.
5. 맥놀이(규칙적으로 강해졌다 약해졌다 하는 울림음 현상)현상이 나타남	(1) 고정자와 회전자의 에어갭 불량	수리하여 교환하거나 수리가 전혀 불가능 할때는 공장으로 연락한다.
6. 역회전 하는 경우	(1) 결선오류	결선도에 맞게 수정한다.
특기사항 : (1) *표시 항목은 컨덴서운전식 단상유도전동기에는 해당되지 않음. (2) 컨덴서운전식 단상유도전동기(Model : KMR~~, R~)는 부하가 너무 낮을 경우에도 기동코일 전류가 상승, 규정치 이상의 온도상승이 일어남으로 출력선정에 유의.		