|  |  |
| --- | --- |
| PSTEK, 경기도 군포시 군포첨단산업1로 25-25(부곡동)  T : 031-451-5103  F : 031-451-5106 | 검 토 보 고 서 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 문서 번호 | 20210722-001 | | | | | |
| 제 목 | 집진기 2.5kW 출력 이상 건 | | | | | |
| 작 성 일 | 2021-07-22 | | 작성자 | 조광원 | 직급 | 과장 |
| 수 신 부 | SK하이닉스 | | | | | |
| 문서검토자 |  | | | | | |
| 결론 요약 | 문제현상: | 1. 출력 불가. | | | | |
| 원인분석: | 1. Main Fuse 손상 및 FET 손상  - ZVS 이상 동작에 의한 FET 손상 | | | | |

**1. 제품정보**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Model | Serial Number | 출하일 | 고객사 |
| PSEP-02H25KDE | EP21-02H25KDE-006 | 2021-02 | SK하이닉스 |

**2. 손상부위 및 상태 (반입 후 점검)**

|  |
| --- |
| 손상1  - SICFET 손상 확인.  KakaoTalk_20210722_091755035_03.jpgKakaoTalk_20210722_091755035_02.jpg  <SICFET 손상 흔적 확인>  - FET 손상에 따른 입력 과전류로 FUSE 손상.  KakaoTalk_20210722_091755035_01.jpgKakaoTalk_20210722_091755035.jpg  - Fuse 손상으로 인해 LCD 입력 전압 표시 되지 않고 출력 동작 불가. |

**3. 증상 및 원인**

|  |  |
| --- | --- |
| 3-1) 현장증상 | |
|  | a) 출력 불가. |
|  |  |
| 3-3) 원인 및 결과 (점검 후) | |
|  | **- 원인**  🡪 유저 사용 출력 조건(약 15kV/20mA)에서 ZVS이상 동작 확인.  🡪 ZVS이상 동작으로 인한 FET 발열에 따른 손상 발생 확인.  🡪 FET 손상으로 스위칭 회로 과전류에 따른 입력 Fuse 손상.  KakaoTalk_20210326_152017869.png  - ZVS 이상동작으로 Switching Loss발생에 의한 발열 확인.(75℃)  \*동일 부하 13kV 조건에서 90℃ 이상 발열 확인 됨.  **- 결과**  🡪ZVS 이상 동작에 따른 FET 발열로 인한 FET손상으로 확인 되었음.  🡪 스위칭 동작 및 ZVS 정상 동작을 위한 스너버 Capacitor 제거 및 프로그램 개선. |

**4. 개선사항**

|  |
| --- |
| 4-1) FET 스위칭 회로 수정  - ZVS 동작 개선하기 위한 스너버 Capacitor 제거 후 개선 확인.  - 회로 변경에 따른 S/W 일부 수정.    - Switching Daed Time 1us로 고정된 값으로 Dead Time 이후 스위칭이 시작됨.  - 집진판의 부하가 커 작은 전류가 흐를 경우 FET의 스너버 Cap에 충전되는 시간이  Dead Time이 끝나는 시간 보다 길어지게 되면서 ZVS가 정상 동작하지 않게 됨.  - 스너버 Cap이 충전되기 전에 스위칭이 시작되면 위 파형의 빗금쳐진 만큼의 에너지  (Switching Loss)가 FET의 열로 발생됨.  - 스위칭 전류가 작을수록 스너버 Cap의 충전 시간이 길어지게 되어 ZVS의 스위칭 로스가 커짐.  **※ 의 공식에서 스너버 C와 전압 변화량 dv는 고정된 값이며 공진전류 I가 낮을수록**  **시간 변화량(스너버 Cap의 충전 시간) dt는 길어짐.**  - 스너버 Cap은 OFF Switching Loss감소용으로 사용되나 당사 장비에 사용중인 SICFET는  자체적으로 스위칭 로스가 적은 소자로 스너버 Cap를 제거하고 사용하여도 무방함.  - 스너버 Cap 제거 후 스위칭 파형 확인시 ZVS가 정상적으로 이루어지며 Loss가 거의 발생되지  않는 것을 확인 함.    - 개선 후 정상적인 ZVS 파형 확인.  - 상온(약 20℃~25℃)에서의 FET 발열 약 30℃로 개선 확인.  ※ 손상된 FET는 온도 임계점 이상의 온도 상승으로 인하여 파손된 것으로 보이며, 다른 장비도 위  문제와 동일한 문제로 발열문제는 있을 수 있으나, 임계점에 도달하지 않는 조건으로 동작 중일  것으로 판단됨. 온도 임계점에 도달하지 않을 경우 FET의 수명과는 무관함. |

|  |
| --- |
| 4-2) 재작업 Point    - Primary B/D 뒷면 8개 Point 스너버 Capacitor 제거. |

**5. 대책 및 재발방지**

|  |
| --- |
| 5-1) 향후 제품의 넓은 영역의 부하조건에 대한 출력 시험이 진행 될 수 있도록 사내 검증 항목 추가. |

**6. 최종 결론**

|  |
| --- |
| 출력 이상 문제는 장비 내부 FET 손상에 의한 입력 Fuse 손상으로 출력이 되지 않는 문제로 확인 되었습니다. 2021년 3월에 발생했었던 동작 이상 내용과 동일한 내용(ZVS 문제)으로 현재는 해당 문제 원인 파악 및 개선, 검증이 완료되었습니다. |