

RF 방사 신호 차폐를 통한 비상 유압경고등의 비정상 점등 현상의 원인분석 및 개선

권정혁¹ · 김경남¹ · 전병권¹ · 이왕상^{2†}

¹한국항공우주산업(주)

²경상국립대학교

Analysis and Improvement of False Alarm Phenomenon of Emergency Hydraulic Warning Light by Shielded RF Radiation Signal

Jung-Hyuk Kwon¹, Gyeong-Nam Kim¹, Byeong-Kwon Jeon¹, Wang-Sang Lee^{2†}

¹Korea Aerospace Industries, LTD

²Dept. of Electronic Engineering, Gyeongsang National University(GNU)

Abstract

In this paper, improvement measures were studied for false alarm (abnormal lighting) of emergency hydraulic warning light due to RF radiation signals in aircraft. When the warning lamp of the emergency hydraulic system is lit during flight due to electromagnetic interference caused by RF radiation signals, it affects flight mission and safety which can result in efficiency degradation and maintenance of flight mission. For false alarm of emergency hydraulic warning light, root cause analysis and troubleshooting were carried out. By shielding a composite strip under fuselage of the aircraft located in the path of the RF radiation signal, the RF radiation signal flowing into the emergency hydraulic indicator was blocked. Results of applying the improvement method through ground and flight monitoring were also described.

초 록

본 논문에서는 항공기 내의 RF 방사 신호로 인하여 비상 유압 경고등이 비정상적으로 점등되는 현상에 대한 개선 방안을 연구하였다. RF 방사 신호의 전자파 간섭으로 비행 중에 비상 유압 시스템의 경고등이 점등되면, 비행 임무 및 안전에 영향을 주어 비행 임무의 효율 저해 및 정비 소요가 발생한다. 따라서, 비상 유압 경고등의 비정상 점등에 대해서 원인 분석 및 고장탐구를 수행하였다. RF 방사 신호의 경로에 있는 항공기의 동체 하부 복합체 스트립을 차폐하여 비상유압지시계로 유입되는 RF 방사 신호를 차단하도록 개선하였다. 또한, 지상과 비행 모니터링을 통해 개선 방안을 적용한 결과도 함께 기술하였다.

Key Words : Emergency hydraulic system(E-HYD, 비상 유압 시스템), RF radiation signal(무선 방사 신호), Shield(차폐), Warning Light(경고등)

1. 서 론

항공기는 엔진, 통신, 항법, 유압, 계기 시스템 등의 다양한 시스템으로 구성된다. 시스템별 기능이 원활하게 동작하고 시스템 간에 간섭없이 운영되어야

비행 임무를 효과적으로 수행할 수 있다. 하지만 비행 중 비정상적으로 경고등이 시현되면 비행 임무에 영향을 미칠 수 있어 비행 임무에 효율이 저해되며 정비 소요가 증가할 수 있다. 본 논문에서는 항공기에서 외부 통신을 위해 통신 PTT(Push To Talk) 버튼을 동작할 때, 무전기(U/VHF Radio)에서 송신되어 하부 통신안테나로 제공되는 RF 신호가 비상 유압 시스템에 RF 방사 신호로 유입됨에 따라 비정상적인 경고등이 시현되는 현상에 대해 원인분석, 고

Received: Aug. 06, 2021 Revised: Sep. 23, 2021 Accepted: Sep. 24, 2021

† Corresponding Author

Tel: +82-55-772-1728, E-mail: wsang@gnu.ac.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

장담구를 통해 개선 방안을 도출한 연구 결과를 기술하였다.

2. 주요 요인 원인분석 및 시험결과

2.1 현상 분석

조종사는 통신 PTT 버튼을 동작하여 무전기(UHF 및 VHF)로 외부 통신의 기능을 수행한다. 비상 유압 시스템은 압력 저하가 발생하였을 경우 통합 경고장치(Central Warning Light)에서 비상 유압 시스템의 경고등이 Fig. 1과 같이 점등된다[1]. 비상 유압 시스템은 정상 유압 시스템 사용이 불가할 경우, 비상 축압기의 충전된 압력(Charging Pressure)을 통해 착륙 기어의 내림 및 플랩 동작을 할 수 있도록 동작한다. Fig. 2와 같이 유압 감지기(Pressure Transducer)를 통해 감지된 비상 축압기에 충전된 압력(PSI)이 전압(mV)으로 변환되어 비상 유압 지시계로 전달된다.

비상 유압 지시계는 계기 바늘을 통해 압력을 지시하고, 기준 이하의 압력 전압이 감지되었을 경우 통합경보장치에서 비상 유압 지시계의 경고등이 점등될 수 있도록 신호를 제공한다[2]. 상기에서 설명한 유압 비상 축압기의 압력 저하 시 시현하는 경고등 점등 메커니즘과 조종사 간 음성 통신을 위한 PTT 작동을 통한 무전기의 외부 통신의 메커니즘은 항공기 내에서 별개의 독립적으로 동작하는 각각의 시스템이다. 항공기를 운영 간에 비행 중에 PTT 버튼을 동작 시 무전기를 통해 송신되는 RF 신호가 발생할 때, 실제 유압 비상 축압기 내부 압력은 정상임에도 불구하고 비상 유압 시스템 경고가 시현되는 이상 현상이 발생하여서 주요 요인별 검토를 통해 개선안을 도출해보았다.

2.2 원인분석

현상을 재현하기 위해서는 비상 유압 지시계의 경고등 점등 조건의 이해가 필요하다. Table 1과 같이 비상 유압 지시계의 경고등 신호 발생 조건은 유압 전달기에서 전달되는 압력 값이 비정상일 경우에 경고등이 점등된다[3]. 경고등 소등된 상태에서 순차적으로 압력(PSI) 값을 증가시켜 경고등 점등 기준값을 확인하였다. 경고등 신호 한계를 확인한 후 한계점

부근에서 비행 중 주로 발생한 주파수 대역대(2XX MHz)로 설정하여 경고등 소등상태에서 PTT 버튼을 동작 시 무전기를 통해 RF 신호가 송신될 때, 경고등의 점등 여부를 Fig. 3과 같이 지상에서 검증하였다.

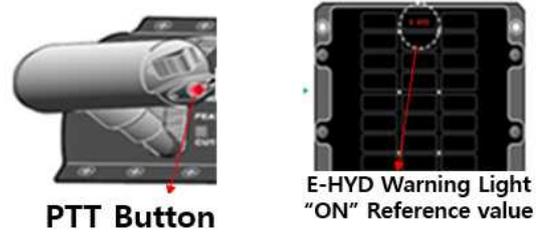


Fig. 1 PTT Button and E-HYD Warning Light

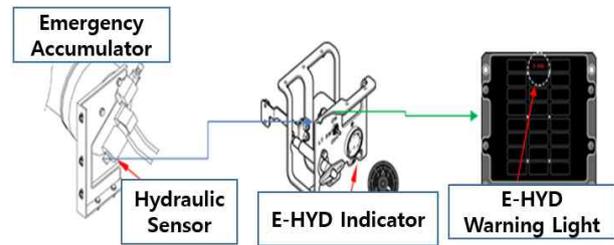


Fig. 2 E-HYD Warning System

Table 1 Criteria of E-HYD Indicator “On” Condition

| Warning | Indication | Criteria |
|---------|------------|----------------------------|
| E-HYD | OFF→ON | Over 364X mV (291X PSI) |

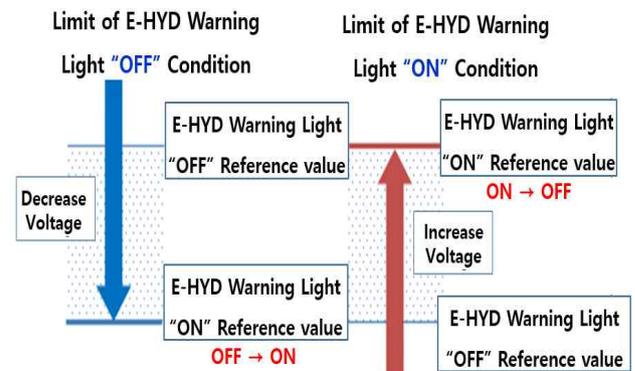


Fig. 3 Results of Signal Limit of E-HYD Indicator Warning Light

비상 유압 지시계는 규격을 기준으로 신호 발생 한계 전압이 대략 364X mV 이상일 때 경고등을 점등시

키는 조건이 된다. 하지만, 시험결과 Fig. 4와 같이 RF 신호가 송신 시에 경고등 점등의 신호 발생 전압 한계는 최대 367X mV로 확인되었고, 정상적인 경고등 점등 한계 전압 대비 약 +2X mV 이상이 증가하였다. 즉, 비상 유압 지시계는 경고등 미점등(OFF) 조건이지만 지시계 경고등 점등 전압에 PTT 버튼을 동작 시에 무전기에서 송신되는 RF 신호의 전자기파에 의한 영향(최대 + 2X mV)의 전압이 방사되어 비정상 점등(ON)된 것으로 판단할 수 있었다. 따라서, 유압 전달기와 비상 유압 지시계의 최대오차를 기준으로 여유 압력이 있어 경고등이 미 점등되는 것이 정상이지만, PTT 버튼 동작 시 RF 신호가 항공기 내에 배선 또는 장비들로 방사되어 유압 전달기의 입력 전압값이 증가함에 따라 비정상 점등이 유발된 것으로 검토되었다.

2.3 주요 원인별 시험결과

지시계 자체의 경고등 점등의 전압이 상항 시에 PTT 버튼을 동작할 경우, 무전기에서 송신되는 RF 신호 출력의 일부가 비상 유압 지시계로 방사되어 입력전압의 증가로 인해 경고등이 비정상적으로 점등된 것으로 확인되었다. 따라서, 주요 요인으로 비상 유압 지시계 내부, 안테나 반사, 차폐시험 등으로 구분하여 순차적으로 검증하였다.

2.3.1 비상 유압 지시계 내부 영향성 검토

경고등 시험과 관련된 비상 유압 감지기의 단품에 대한 내부 기관 및 부착된 구성품에 대한 현미경 검사 및 기능시험을 Fig. 5와 같이 수행하였다. 시험결과, Table 2와 같이 분당, 저항 및 출력값 모두 기준치 내로 적합하게 측정되었고, 내/외부 육안 검사 시에도 특이사항이 없고, 기능시험에서도 정상적으로 동작하여 단품 자체의 영향성은 없음이 확인되었다.

2.3.2 안테나 반사 영향성 검토

송수신 무전기(U/VHF Radio)의 비정상적인 출력신호로 인해 비정상 점등이 발생할 수도 있어 무전기에 대한 송신출력과 정재파비(VSWR)를 측정하였다. Table 3과 같이 기준치 내로 적합하게 측정되었고, Fig. 6과 같이 정재파비도 선형적인 곡선이 정상적으로 측정되어 영향성 없음이 확인되었다.

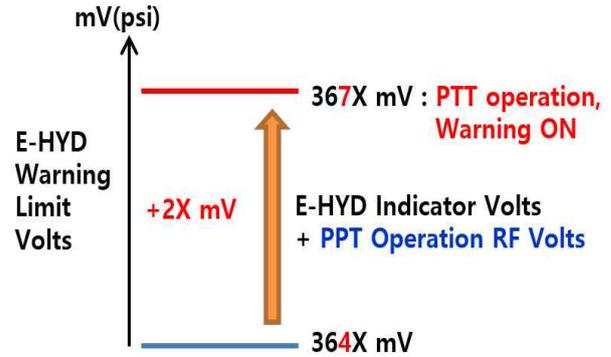


Fig. 4 Test results for the Limit of E-HYD Indicator Warning Light & the Effect of PTT Operation

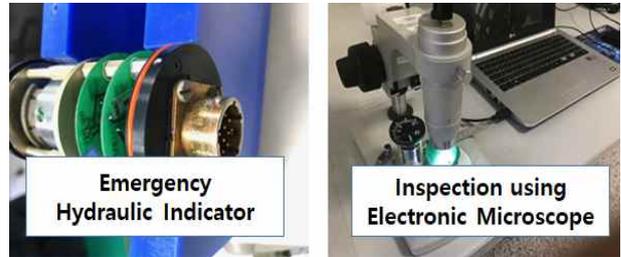


Fig. 5 Inspection the E-HYD Indicator

Table 3 Measurement Result for UHF Radio Transmission Output & VSWR

| Frequency | Transmit Power | |
|-----------|----------------------|-------------------|
| | Std. Reference Value | Measurement Value |
| 2XX MHz | Less than 1X W | 9.X W |
| 3XX MHz | Less than 1X W | 9.X W |

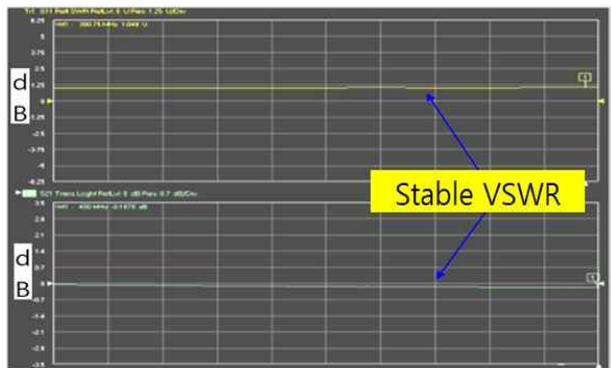


Fig. 6 Measurement Result for Radio VSWR

2.3.3 RF 방사 신호 영향성 검토

PTT 버튼을 동작 시에 무전기에서 송신되는 RF 신호의 일부가 하부 통신안테나를 통해 RF 방사 신호의 형태로 비상 유압 지시기의 동작 전압에 부가되어 발생하는 현상으로 Fig. 7과 같이 판단할 수 있었다. 비상 유압 지시기는 DK481 시리즈의 상용품(Diehl社)이며, 별도의 통신주파수 및 RF 신호를 사용하지 않는 아날로그 계기이다. 따라서, 비상 유압 지시기는 별도의 MIL-STD-461등의 EMI/EMC 규격을 적용하지 않았으며, DC 전압 레벨에 따라 후방 커넥터를 통해 OPEN/GND 신호를 외부 표시기 패널에 정확히 전송되는지가 양품의 기준이 되는 계기이다. 하지만, 항공기는 MIL-STD-461을 규격을 기준으로 내/외부 전자기와 간섭이 없는 형상 및 기능을 유지해야 한다. 해당 현상은 Fig. 8과 같이 통신안테나에서 유입되는 특정 주파수 대역 대의 RF 간섭 전압이 통신안테나 주변에 있는 비상 유압 지시기로 방사되어 발생하는 현상으로 판단되었다[4-5]. 따라서, PTT 버튼을 동작 시 무전기에서 송신되어 통신안테나를 통해 비상 유압 지시기로 제공되는 RF 방사 신호를 측정하여 항공기 규격에 맞게 내부에 전자기와 간섭을 차폐할 방안이 필요하였다[6].

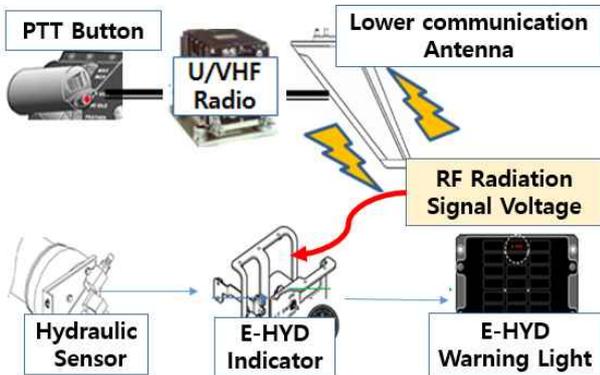


Fig. 7 Additional Effects of RF Radiation Signal

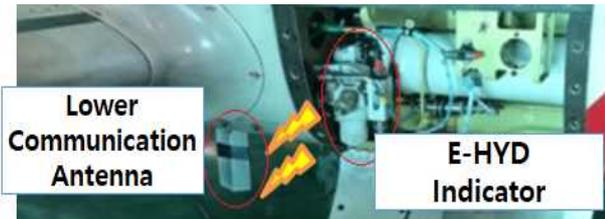


Fig. 8 Location of E-HYD Indicator & Antenna

2.3.4 RF 방사 신호 차폐 영향성 검토

PTT 버튼을 동작 시 무전기에서 송신된 RF 신호가 통신안테나를 통해 비상 유압 지시기로 제공될 때의 입력전압의 차이를 확인하고자 오실로스코프로 측정하였다. 항공기 유압을 점등 조건의 한계치로 인가한 상태에서, 비상 유압감지기 출력전압 및 비상 유압 지시계 입력전압을 동일하게 입력 후 RF 신호가 유입될 때의 전압 변화를 확인하였다. Fig. 9와 같이 PTT 동작 전에는 정상적인 전압값과 진폭을 유지하였으나, RF 신호가 유입될 때의 채널1, 2의 전압값과 진폭이 364X mV에서 376X mV로 커짐에 따라 비상 유압 지시계 입력전압에 영향을 주었고 비정상 점등 현상을 유발할 수 있는 기준 전압(364X mV 이상)이 인가됨이 확인되었다. 즉, RF 방사 신호의 미세한 전압이 비상 유압 지시계의 출력전압에 유입되어 비정상 점등이 발생하는 것으로 Table 4와 같이 요약할 수 있다.

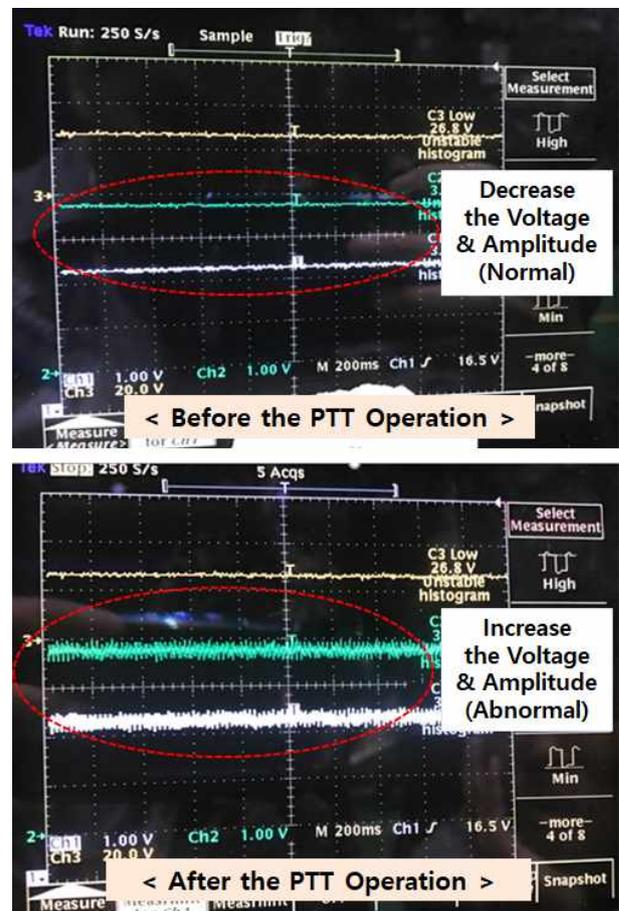


Fig. 9 Measured Results for In/Output Voltages of E-HYD Indicator at PTT Operation

따라서, RF 신호 전압의 일부가 방사되어 부가되는 경로를 확인하기 위해 비상 유압 지시기 부근에 장착된 통신 하부 안테나를 분리 및 차폐 후 점검하였다. 그 결과, Table 5와 Table 6과 같이 비상 유압 지시기 비정상 점등 현상이 사라짐을 확인하였다. 따라서, PTT 동작 시 무전기를 통해 송신되어 발생하는 RF 방사 신호를 차폐하는 방안을 개선점으로 검토를 추진하였다.

Table 4 False Alarm of the E-HYD Indicator

| Category | Summary |
|------------------------|--|
| Normal | E-HYD Indicator input voltage (Less than 364X mV) |
| Abnormal (False alarm) | E-HYD Indicator input voltage + After PTT operation RF radiation signal voltage (Over 376X mV) |

Table 5 Check Result after Lower Communication Antenna is Disconnected

| Without the communication antenna | |
|-----------------------------------|---------------|
| Category | PTT operation |
| Installed Antenna | False alarm |
| Removed Antenna | Normal |

Table 6 Check Result after Lower Communication Antenna is Shielded

| With shielded communication antenna | |
|-------------------------------------|---------------|
| Category | PTT operation |
| Unshielded Antenna | False alarm |
| Shielded Antenna | Normal |



3. 개선 방안 도출

운영 중인 항공기에 대해서는 개선안 도출 시 항공기 가동률, 운용률 유지를 고려하여 항공기 내 RF 방사 신호를 효과적으로 차폐할 방안이 검토되어야 한다.

3.1 본딩 및 배선 접지(Ground Lug) 추가

RF 방사 신호가 유입되더라도 비상 유압지시기가 위치한 유압 격실의 약 네 군데에 본딩 부분을 Fig. 10과 같이 추가하고, 유압 감지기 신호에 Shield Ground Lug를 추가하여 전기저항 및 본딩 특성을 보완하여 내/외부에서 발생하는 방사 신호와 잡음을 최소화하는 방안을 검토하였다. 개선 효과를 확인하기 위해, 입력전압을 인가 후 PTT 버튼을 동작하여 무전기에서 RF 신호를 발생시켜 경고등 시현 여부를 확인하였으나, 경고등 시현이 지속해서 발생하여 본딩 추가는 효과가 없었다. 또한, Fig. 11과 같이 배선 접지 세척/교체 및 추가를 통해 전도도 건전성을 확보하여 현상 해소를 추진하였으나 경고등 시현이 해소되지 않았다.

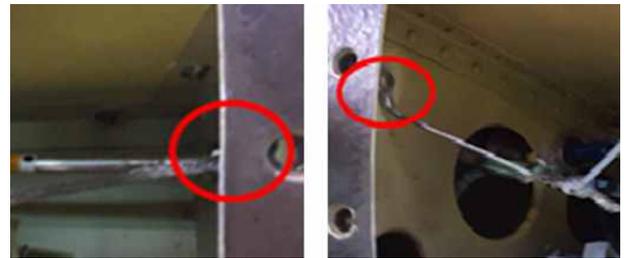


Fig. 10 Additional Bonding Point

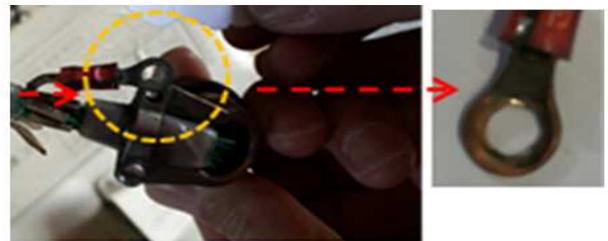


Fig. 11 Additional the Ground Lug

또한, Fig. 12와 같이 PTT 버튼을 동작 시 무전기에서 송신되는 RF 신호와 비상 유압 지시계의 관련 시스템에 연결된 항공기 본딩 및 접지 적절성 확인을 위해 조종실 내부, 비상 유압 시스템(비상 유압감지기, 비상 유압 지시계) 접지, 통신시스템과 PTT 스위치의 접지 및 본딩 부위를 본딩미터와 멀티미터로 측정하였다. 측정된 결과, Table 7과 같이 본딩과 접지의 저항값이 모두 기준치 내로 적합하게 측정되어 본딩 및 배선 접지의 추가는 불필요함이 확인되었다[7-8].

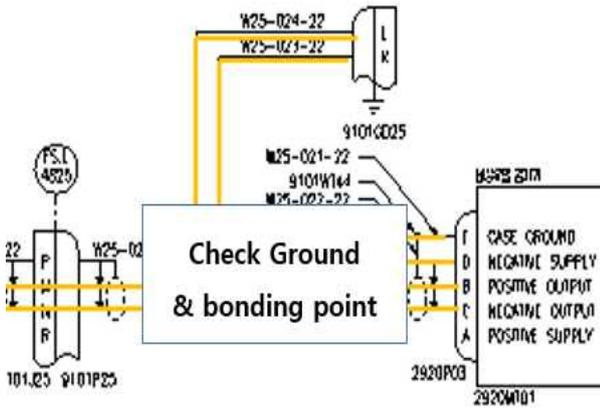


Fig. 12 Measurement for Bonding & Ground

Table 7 Measurement Result for Bonding and Ground

| Category | Measurement Point | Std. Reference value | Measurement Value |
|--------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|
| Bonding Resistance | Central Warning Set | Less than 2.5 mΩ | 1.X mΩ |
| | Communication Control Unit | Less than 2.5 mΩ | 1.X mΩ |
| Ground Resistance | E-HYD Sensor | Less than 1Ω | 0.X Ω |
| | E-HYD Indicator | Less than 1Ω | 0.X Ω |
| | Communication Control Panel | Less than 1Ω | 0.X Ω |
| | PTT Button | Less than 1Ω | 0.X Ω |

3.2 필터(Filter) 장착 및 차폐

스펙트럼 분석기와 Near-field Probe를 통해 RF 방사 신호가 주로 유입되는 부위를 측정하여 차폐 부위를 결정하였다. 항공기 동체의 하부 통신안테나와 비상 유압 지시계의 중간 경로의 동체의 하부 복합체 스트립과 비상 유압 지시계 W/H 부위에서 2XX Mhz 대역의 약 -80 dBm 이상의 RF 방사 신호가 잡음의 형태로 Fig. 13과 같이 측정되었다. 고주파에서 매우 낮은 임피던스를 갖고 저주파에서 매우 높은 임피던스를 가져서, 전송 라인에 삽입하여 고주파는 통과시키고 저주파는 반사하는 특성을 가진 필터 적용을 검토하였다. 따라서, Fig. 14 및 Eq. 1과 같이, 높은 소스와 부하 임피던스로 인해 필터 요소와 소스 및 부하 임피던스 간에 불일치가 발생하는 높은 임피던스 회로에서 일반적으로 사용되는 60dB/decade의 높은 삽입손실을 갖는 π section 필터를 적용하였다[9-10]. 비상 유압 감지기로 정상적으로 제공되는 입력전압 외에 PTT 버튼 동작 시의 무전에서 송신되어 통신안테나를 통해 유입되는 RF 방사 신호 전압을 필터링(Filtering)할 수 있도록 Fig. 15와 같이 Filter wire contact를 활용하여 항공기에 필터를 장착하였다.

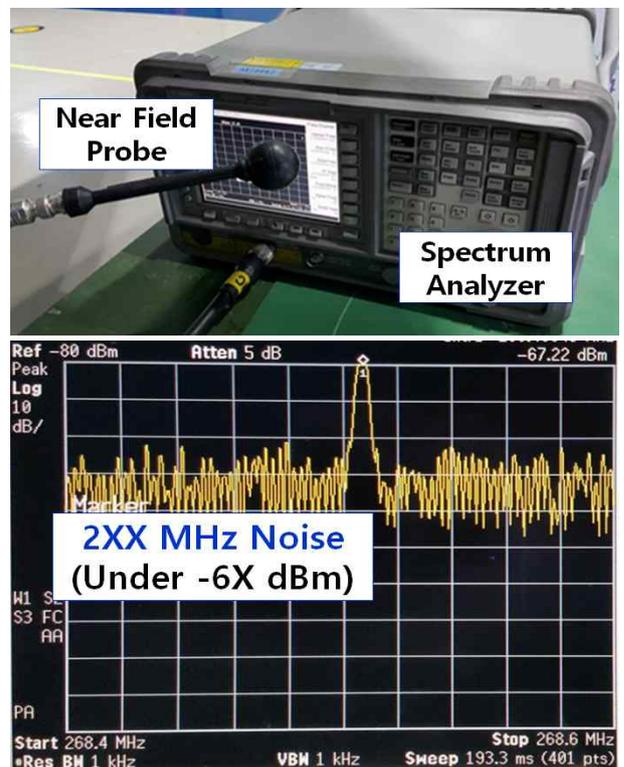


Fig. 13 Result of Measuring the RF Radiation Signal Path

$$IL(f) \cong 20 \log \cdot \left[\omega^2 \cdot LC + (LC^2 \cdot \omega^2 + 2\omega C) \cdot \frac{Z_S \cdot Z_L}{Z_S + Z_L} \right]; dB$$

$$(1/\omega C < Z_S \text{ and } 1/\omega C < Z_L \text{ and } \omega L > 1/\omega C)$$

Z_S : Source Impedance, Z_L : Load Impedance
 C : Capacitance, ω : Frequency

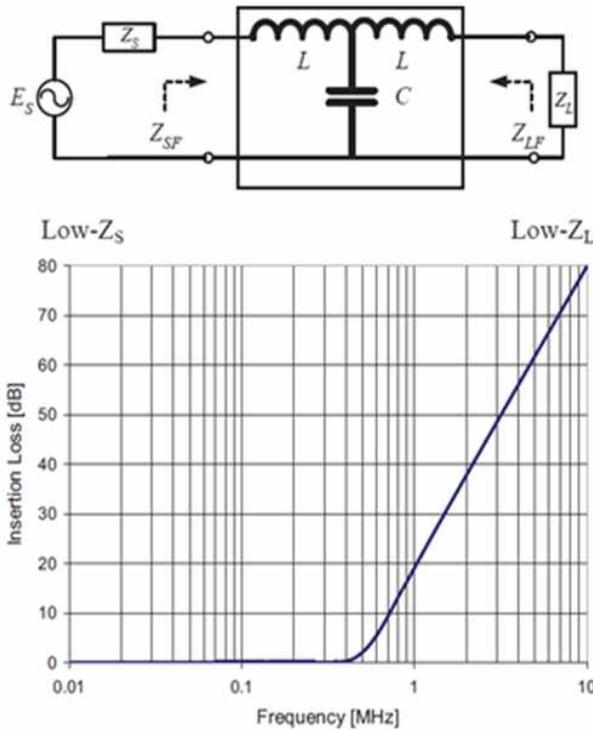


Fig. 14 π section Filter Circuit & Insertion Loss Curve

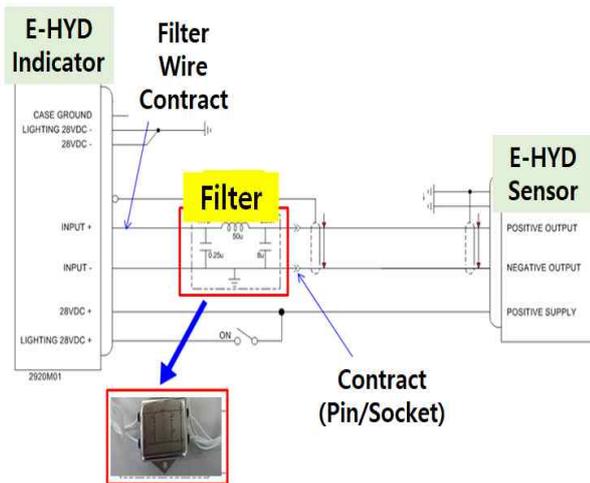


Fig. 15 Installation of Additional π Section Filter

시험방안은 Fig. 16과 같이 비상 유압 지시기 앞단에 필터를 장착하여 유압감지기에 출력전압이 인가할 때에 RF 방사 신호의 유입에 따른 경고등 비정상 점등을 확인하였다. 시험결과, 경고등이 지속 점등되고 깜박거림 현상까지 추가로 발생하였고, Fig. 13에서 측정된 RF 방사 신호의 잡음이 지속해서 측정되어 효과가 없음이 확인되었다. 또한, 개선 효과가 있다라도 항공기 W/H에 필터를 장착하는 작업 방법 및 범위도 상당히 제약적이고 장기간 소요된다. 따라서, RF 방사 신호를 비상 유압 지시계기로 유입되지 않도록 물리적인 차폐가 필요하였다. 항공기의 특성상 모든 곳을 차폐할 수는 없으므로 스펙트럼 분석기와 Near-field probe를 통해 RF 방사 신호가 가장 많이 유입되는 부위를 측정하였다. 측정결과, RF 방사 신호에 취약한 비상 유압 지시계 W/H 부위와 주변을 Fig. 17과 같이 차폐하였다. 하지만 일시적으로 점등 현상이 해소는 되었으나, 일정한 시간이 지난 후에는 현상이 재발생되어 차폐 개선을 위해 하부 통신안테나에서 유입되는 경로 부위를 차폐하는 방안을 검토하였다.

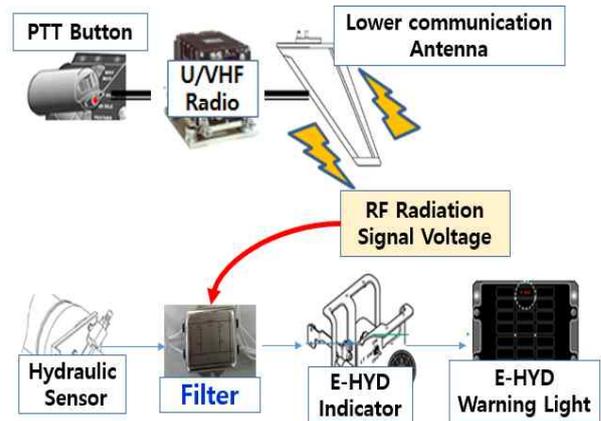


Fig. 16 Additional π Section Filter Test



Fig. 17 Shielded W/H Path of the E-HYD Indicator

3.3 동체 하부 복합체 스트립 차폐

항공기는 MIL-STD-461을 규격을 기준으로 내/외부 전자기파 간섭이 없는 형상으로 유지되어야 한다. 따라서, RF 방사 신호가 배선 또는 장비 등을 통해 전도 후 비상 유압 지시계에 RF 방사 신호가 유입되는 경로에 있는 동체의 하부 복합체 스트립에 차폐를 검토하였다[11]. MIL-STD-461 규격 기준으로 대부분의 스트립에는 알루미늄 구조로 설계 후 장착되었다. 하지만, 동체의 하부 복합체 내부에는 별도의 RF 통신장비 등이 위치하지 않았고, 장착되는 부분이 곡면으로 된 구조이며, 항공기 날개 장/탈착, 주기적인 검사 시에 장/탈착이 필요한 구조물임으로 복합체로 설계되어 장착되었다. 따라서, Fig. 18과 같이 하부 통신안테나에서 방사되는 RF 신호가 동체 하부 복합체를 통해 비상 유압 감지기 주변 W/H 경로로 비상 유압 감지기로 유입되었기에 RF 방사 신호의 유입에 대한 물리적인 차폐 방안을 도출하였다. Fig. 19와 같이 전자기파는 금속을 만나면 완전 반사(total reflection)를 하며 이 성질을 이용하여 금속을 통해 전자파를 차폐할 수 있다. 특히 알루미늄 재질이 다른 재질(Carbon, Ni+Cu 등)에 비해 다양한 주파수 대역 내에서 우수한 차폐 효과를 가진다[9-10].

유압 감지기 주변 W/H 경로를 통해 비상 유압 감지기로 유입되었다. 따라서, 비상 유압 지시계에 RF 방사 신호의 유입에 대한 물리적인 차폐 방안을 도출하였다. 항공기의 하부 복합체 스트립은 장착 부위를 검토한 결과, 하부 복합체 스트립의 구조가 곡면 부위이며 정비를 위한 탈/장착이 이루어짐에 따라 금속 재질로 변경보다 Table 8과 같은 특성을 가진 규격화(MIL-T-23397)된 알루미늄 차폐 적용을 검토하였다[12-13]. 규격화된 알루미늄 차폐를 적용 시 비상 유압 지시계 W/H 부위에서 측정된 RF 방사 신호 잡음을 차단하는 차폐 효과가 예상되어 적용을 추진하였다. 따라서, Fig. 20과 같이 동체의 하부 복합체 스트립에 체결 부위를 제외한 모든 면을 규격화된 알루미늄으로 차폐하였다. 또한, 향후 유사 설계 시에는 통신안테나 주위의 스트립 구조에는 알루미늄 및 금속 차폐 적용이 필요로 도출되었다.

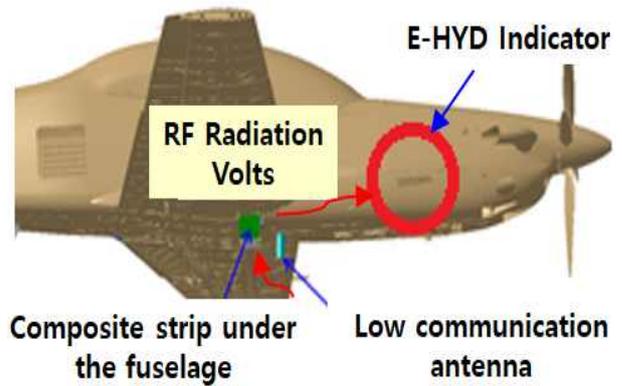


Fig. 18 Interference of RF Radiation Signal Path

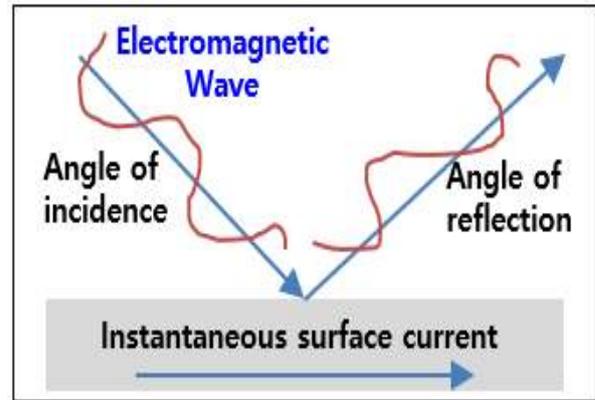


Fig. 19 Reflection Characteristics of Electromagnetic Waves

Table 8 Aluminum Shield Characteristic

| Category | Characteristic |
|--------------------------|----------------|
| Spec | MIL-T-23397 |
| Material | AL |
| Color | Sliver |
| Total thickness (Mils) | 4.6 |
| Adhesive force (oz/in) | 47 |
| Tensile strength (lb/in) | 28 |
| Elongation (%) | 6 |
| Temperature (°F) | -65 to 300 |

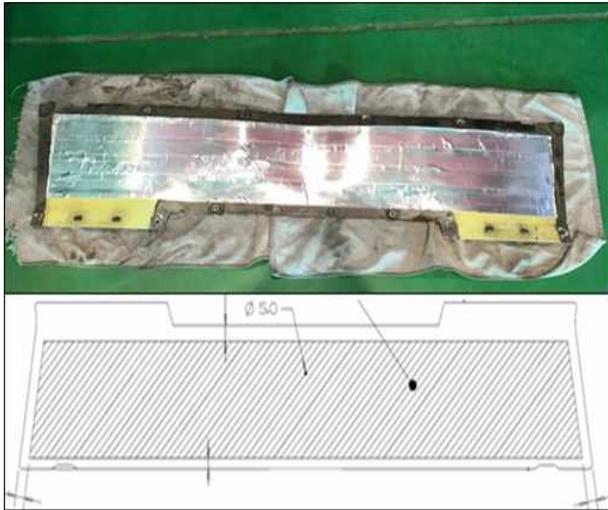


Fig. 20 Shielded Composite Strip

4. 개선안 적용

동체 하부 복합체 스트립을 차폐한 후, 비상유압지시계 점등 한계 전압 및 다양한 통신주파수로 설정하여 PTT 버튼을 동작하여 무전기를 통해 송신되는 RF 신호가 발생 될 때, 경고등 비정상 점등 여부를 시험하였다. 시험결과, 비정상 점등 현상이 발생하지 않았고 비상 유압 지시계 입력과 출력전압을 측정한 결과, Fig. 21과 같이 비상 유압 지시계로 제공되는 정상 전압 외에 RF 신호를 통해 방사되어 부가되는 전압의 유입도 차폐됨이 확인되었다. 또한, 알루미늄 차폐 적용 후 RF 방사 신호의 차폐 효과를 확인하기 위해 스펙트럼을 통해 잡음 신호를 측정한 결과, Fig. 22와 같이 차폐 후에 잡음이 발생하지 않는 약 $-10X$ dBm 이하의 정상적인 RF 신호가 측정되어 RF 방사 신호의 차폐가 확인되었다.

그리고 동체 하부 복합체 스트립에 차폐를 적용 후 지상/비행을 수행한 결과, Table 9와 같이 PTT 버튼을 동작 시 무전기를 통해 RF 신호가 송신될 때에 비상 유압 지시계의 경고등 비정상 점등 현상이 발생 되지 않았고 통신 및 비상 유압 시스템의 기능도 정상적으로 동작하여 개선 효과를 확인하였다. 실제 운영자와의 인터뷰를 통해서도 현상 개선 및 기타 기능도 정상적으로 동작됨이 확인되었다

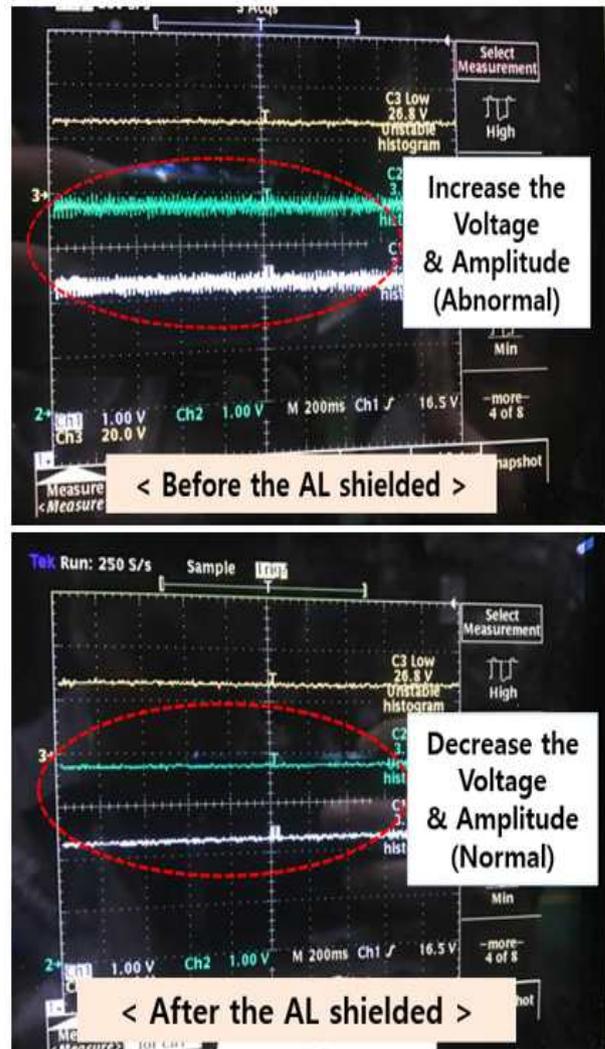


Fig. 21 In/output Voltage of the E-HYD Indicator with Regard to the Shielding

Table 9 Test Results after Improvement

| Aircraft | Number of Tests | Test Results |
|----------|-----------------|--|
| A | 5 | Normal (Not occurred false alarm & normal operated other function at PTT operation) |
| B | 5 | |
| C | 5 | |
| D | 5 | |

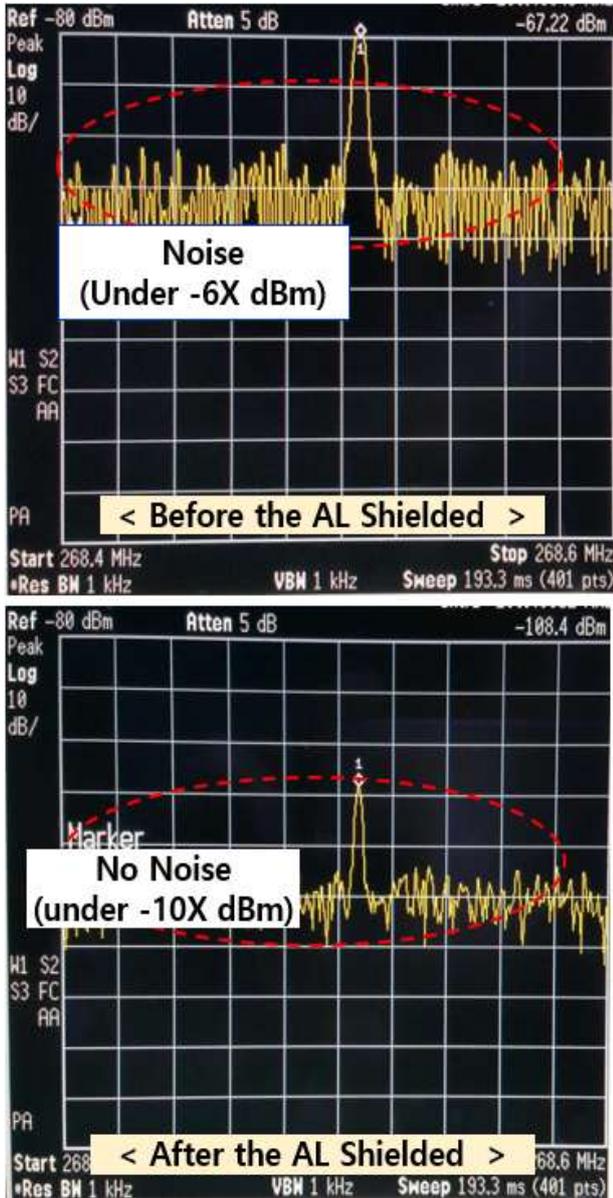


Fig. 22 Noise Signal of the E-HYD Indicator with Regard to the Shielding

5. 결 론

비상 유압 지시계 경고등 비정상 시현 현상은 PTT 버튼을 동작 시 무전기를 통해 송신되는 RF 신호의 일부가 하부 통신안테나를 통해 동체 하부 복합체 스트립의 경로로 RF 방사 신호로 부가되어 비상 유압 지시계 동작 전압에 영향을 주는 현상으로 확인되었다. 따라서, 비상 유압 지시계로 유입되는 RF 방사 신호의 경로에 있는 동체 하부 복합체

스트립을 차폐 규격에 맞는 알루미늄 차폐를 적용하여 RF 방사 신호를 물리적으로 차단하여 비상 유압 지시계에 경고등의 비정상 점등 현상을 개선하였다. 개선안 적용 후 점검을 통해 RF 방사 신호가 차폐되어 비상 유압 지시계 경고등 비정상 시현 현상이 발생하지 않음을 확인하였고, 비행 저해 요소를 해소하여 비행 운용률을 향상할 수 있었다. 이번 연구는 항공기에 직접 연결되지 않는 시스템 간의 RF 방사 신호로 인해 발생하는 비정상적인 현상에 대한 원인 분석, 고장탐구를 통한 개선 방안을 도출한 연구 결과이다. 나아가 유사기종의 항공기에 RF 방사 신호 및 간섭 현상에 관한 고장탐구 방안 및 원인 분석 활동 사례 전파로 항공기 운용성 향상에 기인할 수 있었다. 또한, 통신안테나와 통신장비 주변의 스트립 구조의 금속 차폐, W/H 경로에 차폐 배선 적용, 전자기파 차폐 규격을 만족하는 장비 장착을 고려하여 향후 유사 설계에 반영이 필요하다. 이를 통해 항공기 내/외부 방사되는 전자기파로 인한 비정상적인 현상을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] AS5440, "Hydraulic systems, Aircraft, Design and Installation Requirement," April 1998.
- [2] MIL-P-19692, "Pumps, Hydraulic, Variable Flow General Specification," *Department of Defense*, September 1994.
- [3] Park, J. J, Beak, S. J and Kim, Y. H, "A Study on Dynamic Characteristics for System Selector Valve in Power Package of KT-1 Hydraulic System using AMESim," *The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, November 2011, 992-996.
- [4] Tedrick, R. N and Hixson, R. B, "Aircraft Noise and the Airport Community," *Federal Aviation Administration, Washington, DC, JAIAA-83-1580*, June 1983,
- [5] Paul, A. Shahady, "Military Aircraft Noise," *Air Force Aero Propulsion Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio*, VOL. 12, NO. 8, August 1975.
- [6] Andre, P. G and Wyatt, K, "EMI Trouble shooting

Cookbook for Product Designers,” *The Institution of Engineering and Technology*, 2014

- [7] MIL-STD-461D, “Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Emissions and Susceptibility,” *Department of Defense*, January 1993
- [8] Kweon, O. S, Jung, J. C and You, H, “Conductive Plastics for EMI Shielding,” *Polymer*, Vol. 7, No. 6, 1983.
- [9] Han, G. Y, Song, D. H, Bae, J. S, and Ahn, D. G, “A Study on Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness of the Aluminum film, Conductive Fabric and Nano Carbon black/Carbon Fiber Reinforced Composites,” *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers* 7(4), 10-16, December 2008.
- [10] MIL-T-23397B, “Tapes, pressure sensitive adhesive, for masking during paint stripping operations,” *Department of Defense*, September 1998.
- [11] SAE-AMS-T-23397, “Tapes, pressure sensitive adhesive, for masking during paint stripping operations,” *Department of Defense*, September 1998.