

## 論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 46(9), 782-789(2018)

DOI:https://doi.org/10.5139/JKSAS.2018.46.9.782

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

## 회전익 항공기 다기능시현기의 이상시현을 방지하기 위한 DVI 케이블 개선

김영목\*, 정상규\*, 조재포\*\*, 최두현\*\*\*

### DVI cable Improvement for Preventing MFD Abnormal Display of a Rotary-wing Aircraft

Young Mok Kim\*, Sang-Gyu Jeong\*, Jae Po Cho\*\* and Doo-Hyun Choi\*\*\*

Defense Agency for Technology and Quality\*, Korea Aerospace Industries\*\*,  
Kyungpook National University\*\*\*

#### ABSTRACT

Multi-Function Display (MFD) of Korean Utility Helicopter (KUH) displays image information(navigation, flight, topographical and maintenance information) delivered from Mission Computer (MC) during flight operation. The abnormal display of MFD such as flickering phenomenon was identified in the system development. It was solved by improving the shielding performance of the DVI cable and changing the DVI cable installation path at the first mass production. However, it was occurred again when the aircraft was operated for one or two years after delivery. It was also identified in the evaluation process of the derivative helicopters. Therefore, a comprehensive review of the aircraft system level has been performed to solve the problem of MFD malfunction at first and then a design improvement plan was derived by improving the DVI cable. In this paper, the causes of MFD anomalies are analyzed and also the process of design improvement are summarized. The validity of the improvement has been verified through the DVI cable assembly comparison test, SIL/ground/flight test.

#### 초 록

한국형 기동헬기(KUH)의 다기능시현기(MFD)는 항공기 운용 중 임무컴퓨터(MC)로부터 영상정보(항법, 비행, 생존, 지형 및 정비 관련 정보)를 입력받아 시현한다. 체계개발 단계에서 식별된 MFD 이상시현(화면 깜박임 현상 등)은 항공기 초도양산 과정에서 DVI 케이블 차폐 성능 개선과 DVI 케이블 장착 경로 변경을 통하여 해소하였다. 항공기 납품 후 1~2년 정도 경과하였을 때 MFD 이상시현이 다시 발생하였고, 파생형헬기 시험평가 과정에서도 식별되었다. 이러한 MFD 이상시현의 해결을 위하여 항공기 체계 단위의 종합 검토를 수행하였고, DVI 케이블의 개선을 통한 설계 개선방안을 도출하였다. 본 논문에서는 MFD 이상시현의 발생원인을 분석하였고, 설계 개선방안 검토과정을 정리하였다. 그리고 설계 개선사항에 대한 타당성을 DVI 케이블 조립체 비교시험, SIL/지상/비행시험 결과를 바탕으로 입증하였다.

† Received : June 2, 2018    Revised : August 15, 2018    Accepted : August 27, 2018

\*\*\* Corresponding author, E-mail : dhc@ee.knu.ac.kr

**Key Words :** KUH(한국형 기동헬기), MFD(다기능시현기), Flickering(깜박임), MC(임무 컴퓨터), DVI cable (DVI 케이블)

### 1. 서 론

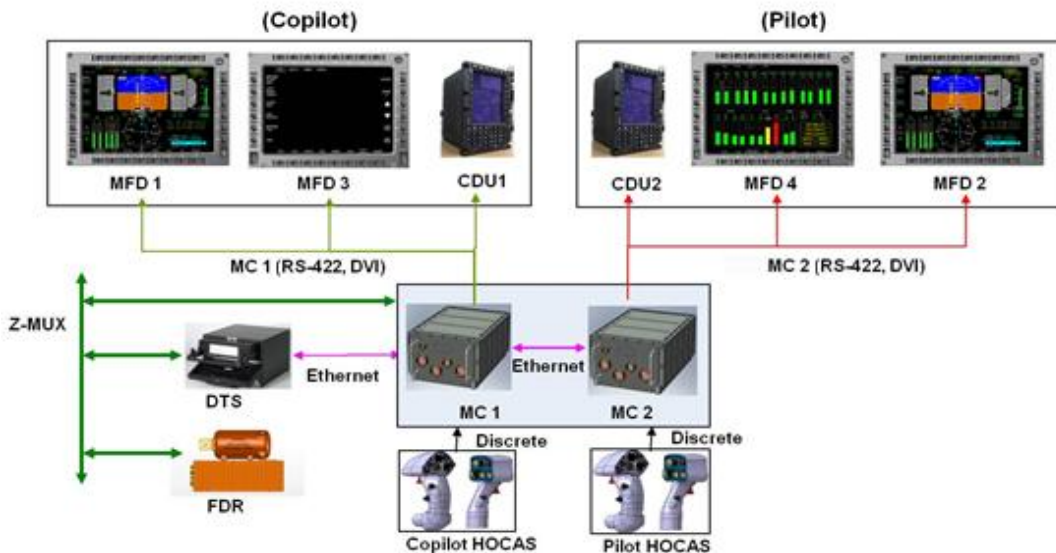
한국형 기동헬기(이하 KUH, Korean Utility Helicopter)의 다기능시현기(이하 MFD, Multi Function Display)는 임무/시현계통의 구성품으로서, 항공기 운용 중 임무컴퓨터(이하 MC, Mission Computer)로부터 영상정보(항법, 비행, 생존, 지형 및 정비 관련 정보)를 입력받아 시현한다. KUH 임무/시현계통의 체계 구성도는 Fig. 1과 같다[1,2]. MFD에 시현되는 정보는 조종사가 임무를 수행하는 과정에서 필수적인 사항이다. 이러한 MFD 화면의 안정적인 영상품질 확보는 매우 중요하다.

KUH 체계개발 단계에서 식별된 MFD 깜박임(Flickering)현상은 DVI 케이블의 차폐 성능 개선과 DVI 케이블 장착 경로 변경을 통하여 해소하였다. DVI 케이블의 차폐 성능은 내부 shield 길이 변경(60 mm → 15 mm)과 외부 shield 처리 방식의 변경(Solder sleeve 미사용)을 통하여 개선하였다[3,4]. 그리고 DVI 케이블의 장착 경로를 단순화하여 신호 전송 간의 손실 가능성을 감소시켰다. DVI 장착 경로 개선 과정에서 MC S/W 수정 및 통합형 예비계기 백업구조 변경을 함께 수행하여 임무/시현계통의 시스템 안정성을

향상시켰다. 체계개발 및 초도양산 과정에서 수행한 설계개선 사항을 요약하면 Table 1과 같다[5].

**Table 1. Design changes about abnormal display of MFD in initial mass production**

No	Items	Existing	Improved
1	DVI cable shielding performance	Change inner shield length	
		inner shield : 60(mm)	inner shield : 15(mm)
		Change external shielding method	
		Use a solder sleeve	Do not use a solder sleeve
2	DVI cable routing path	MC#2 → Lighting Protector Filter → DAU → Lighting Protector Filter → MFD#4	MC#2 → MFD#4
3	MC S/W	At the backup of IVI.	
		MC#2 channel is revealed to MFD#4 by force	The compulsory revelation of the channel MC#2 is deleted
4	IVI backup	Triple structure	Double structure



**Fig. 1. Block diagram of mission management/display control system for KUH**

**Table 2. Specific phenomena related to abnormal display of MFD**

No	Aircraft	Abnormal display
1	“A”	MFD #3 Flickering, A line appears on the screen
2	“B”	MFD #1, #2 Flickering, A dot appears on the screen
3	“C”	MFD #4 Flickering
4	“D”	MFD #2, #4 Flickering
5	“E”	MFD #2, #4 Flickering, A line appears on the screen
6	“F”	MFD #3, #4 Flickering

이러한 설계 개선사항이 적용된 항공기가 납품 후 1~2년이 경과하였을 때, MFD 이상시현(MFD 화면 깜박임, 화면 상 줄 생김, 점 발생 등)이 다시 발생하였다. 운용부대에서 발생한 MFD 이상시현 관련 사항을 정리하면 Table 2와 같다. 그리고 파생형헬기 시험평가 과정에서 MFD 점멸현상을 확인함에 따라, 근본적인 설계개선 활동을 추진하였다.

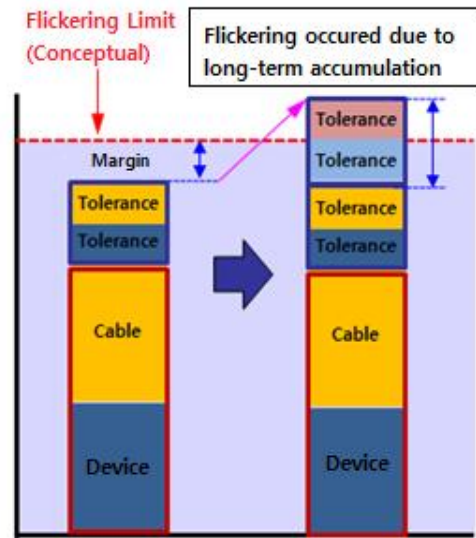
본론에서는 MFD 이상시현의 발생원인을 분석하였고, 항공기 체계 단위의 종합 검토를 통하여 도출한 최적 설계 개선방안을 정리하였다. 최적 설계 개선방안을 적용하고 수행한 단계 별 시험결과(DVI 케이블 조립체 비교시험, SIL/지상/비행시험)를 함께 제시하여 타당성을 입증하였다.

## II. 본 론

### 2.1 MFD 이상시현 발생원인 분석

MFD 이상시현의 발생원인은 기존에 체계개발 및 초도양산 과정에서 검토한 내용과 본 현상 발생 시 운용부대에서 수행한 고장담구 내용을 바탕으로 정리하였다. 이를 바탕으로 발생원인은 크게 2가지로 분석하였다.

첫째, DVI 신호의 왜곡을 발생시킬 수 있는 각 구성품 및 부품의 개별 Tolerance 누적을 원인으로 판단하였다. 본 사항에 대한 설명을 위하여 MFD 화면의 깜박임(Flickering)현상에 대한 개념적인 한계치(Threshold)를 설정하였다. 각 구성품 및 부품(케이블)에 내재된 고유 특성치와 개별 Tolerance의 합이 한계치를 초과하지 않을 경우, MFD 화면이 정상적으로 시현된다. 그러나



**Fig. 2. Cause analysis about abnormal display of MFD**

각 요소의 고유 특성치와 Tolerance 누적 합이 항공기를 장기간 운용(납품 후 1~2년 정도 경과)하는 과정에서 깜박임(Flickering)현상의 개념적인 한계치를 초과함으로써, MFD 이상시현이 발생한 것으로 판단된다. 위에서 설명한 내용을 도식화하여 정리하면 Fig. 2와 같다.

둘째, 군용 커넥터(MIL-DTL-38999 커넥터) 적용에 따른 DVI 신호 손실 및 왜곡을 MFD 이상시현의 원인으로 판단하였다. DVI 신호는 고속으로 전송되는 특성을 가지고 있기 때문에, 신호 연결부에서 고속 데이터 전송용 커넥터를 사용해야 한다. 그러나 KUH는 군용 항공기라는 특수성 때문에 고속 데이터 전송에 적합하지 않은 군용 커넥터(MIL-DTL-38999 커넥터)를 적용하였다. 이러한 체계 특성 때문에 임무/시험 계통을 구성하는 항전장비(MC, MFD 등)의 연결 커넥터(MIL-DTL-38999 커넥터)에서 전기적 특성이 변화될 가능성이 존재하였다. 즉, DVI 케이블을 커넥터에 연결하는 과정에서 Pin contact 배열/간격 변화에 따른 두 도선의 거리 변화(Impedance는 두 도선의 거리에 비례)로 인하여 Impedance mismatch, Crosstalk 등이 발생한 것으로 판단하였다. 이러한 전기적 특성의 변화가 궁극적으로 DVI 신호의 손실 및 왜곡을 초래한 것으로 파악하였다. KUH 항전장비(MC, MFD) 등에 적용된 군용 커넥터(MIL-DTL-38999 커넥터)와 DVI 케이블의 내부 형상을 Fig. 3에 표시하였다[6].

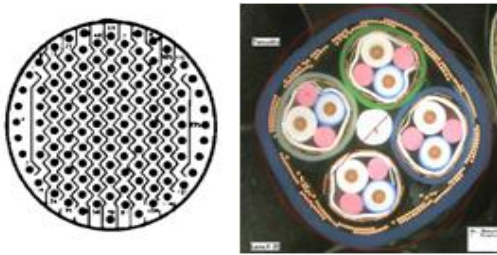


Fig. 3. A shape of military connector and inner shape of current DVI cable

### 2.2 MFD 이상시현 설계 개선방안 검토

MFD 이상시현(MFD 화면 깜박임, 화면 상 줄생김, 점 발생)의 공통적인 발생 원인으로 구성품 및 부품의 개별 오차 누적 및 이에 따른 부품 특성 변화, 기존 군용 DVI 케이블 끝단의 shield 끝단 연결 또는 접촉 불량으로 인한 DVI 신호 손실 및 왜곡을 확인하였다. MFD 이상시현 원인 분석 결과를 바탕으로 설계 개선방안을 3가지로 검토하였다.

첫째, MC 및 MFD에 연결되는 커넥터를 고속 데이터 전송용 커넥터로 변경하고, DVI 케이블을 기존 제품보다 전기적, 물리적 특성이 우수한 개선품으로 변경하는 방안이다. 그러나 이러한 설계개선을 통하여 Impedance mismatch와 Cross-talk을 해소하고, MFD 이상시현을 근본적으로 해결할 수 있을 것으로 판단하였다. 본 설계개선을 적용하기 위해서는 KUH MC 및 MFD의 커넥터, MC(전면판)/MFD(후면판), MC/MFD 내부 모듈, 전용 시험장비(성능시험/EMI 시험용 케이블)의 형상 변경이 필요하였다. 그리고 구성품 개조 개발에 따른 검증에 많은 시간과 비용이 소요되는 단점을 함께 식별하였다.

둘째, MC와 MFD 간의 신호 전송방식을 DVI에서 광섬유(Optic Fiber) 방식으로 변경하고, 광섬유 전용 커넥터와 광섬유 케이블을 적용하는 방안이다. 광섬유 형태로 신호를 전송할 경우, 기존 방식에 비하여 고속 데이터의 전송에는 유리할 것으로 판단하였다. 광섬유 방식의 설계 개선 방안도 KUH 임무/시현계통 구성품의 개조 개발과 성능시험장비의 변경이 요구되며, 개선 과정에 많은 시간과 비용이 소요됨을 파악하였다. 또한, 신규 전송 방식의 적용에 따른 위험성도 함께 고려할 사항으로 판단하였다.

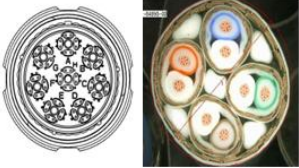
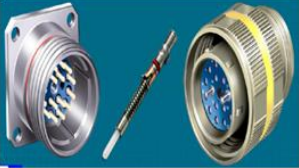
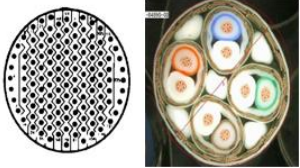
셋째, MC와 MFD를 연결하는 DVI 케이블을 기존 제품보다 전기적, 물리적 특성이 우수한 개선품으로 적용하는 방안이다. 이 방안은 설계개선 1안에 비해서 MFD 이상시현의 근본적인 해

소가 제한되는 측면이 있다. 그러나 본 개선방안은 군용 커넥터의 한계(고속 전송 신호에 부적합) 때문에 발생할 수 있는 문제점을 개선 DVI 케이블의 우수한 전기적/물리적 특성으로 보완할 수 있을 것으로 판단하였다. 그리고 구성품(MC, MFD)의 개조 개발이 불필요하여 시간과 비용을 절약할 수 있는 장점이 있었다. Table 3에 기존 DVI 케이블과 개선 DVI 케이블의 전기적, 물리적 특성을 비교하여 정리하였다[6,7].

Table 3. Comparison of electrical and physical characteristics between the current DVI cable and the improved one

	Existing DVI cable	Improved DVI cable
Figuration		
Impedance	100 ± 10(Ω)	100 ± 5(Ω)
Capacitance (nominal)	42.65(pF/m)	41.01 (pF/m)
Velocity of Propagation	78(%)	80(%)
Insulation Resistance	500 MΩ /304.8 m	500 MΩ /304.8 m
Dielectric Withstanding Voltage	1.5 (KVrms)	Con to Con : 1.5(KVrms) Con to Shield : 1.0(KVrms)
Overall Shield	Coverage (Min) 90%	Coverage (Min) 90%
Weight (nominal)	154(g/m)	121(g/m)
Outer Diameter	10.16(mm)	8.3(mm)
Min Bend Radius	101.6(mm)	42(mm)
Service Temperature	-55 °C ~ +150 °C	-55 °C ~ +150 °C
※ Improved DVI cable has better electrical and physical properties than existing DVI cable - Electrical Characteristics : Impedance, Capacitance, etc - Physical Characteristics : Weight, Bend Radius, etc		

Table 4. Summary of three design improvement plans related to abnormal display of MFD

	Design improvement plan #1	Design improvement plan #2	Design improvement plan #3
Improving method	Change the connector of MC and MFD(For high speed data transmission) and Apply the improved DVI cable	Change the connector of MC and MFD(For optical fiber) and Apply the optical fiber cable	Apply the improved DVI cable
Figuration			
Influence on design improvement	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ A connector(MC&amp;MFD)</li> <li>○ A front panel of MC</li> <li>○ A back panel of MFD</li> <li>○ Internal module(MC/MFD)</li> <li>○ Test equipment</li> <li>○ Replace the DVI cable assembly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ A connector(MC&amp;MFD)</li> <li>○ A front panel of MC</li> <li>○ A back panel of MFD</li> <li>○ Internal module(MC/MFD)</li> <li>○ Test equipment</li> <li>○ Replace the DVI cable assembly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Replace the DVI cable assembly</li> </ul>
Optimal solution review	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Abnormal display of MFD can be improved</li> <li>○ It takes a lot of time and money to verify the performance of component modification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Abnormal display of MFD can be improved</li> <li>○ It takes a lot of time and money to verify the performance of component modification</li> <li>○ There is a risk due to the application of the new transmission method.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Abnormal display of MFD can be improved</li> <li>○ Reduced time and cost of performance verification by eliminating component modification</li> </ul>
<p>※ “Design improvement plan #3” is finally chosen after considering the resolution of problems revealed in the operation process of KUH and business features such as the appropriate aircraft delivery schedule and the minimization of time / cost required for aircraft retrofit.</p>			

MFD 이상시현의 설계 개선방안으로 검토한 3가지를 정리하면 Table 4와 같다. MFD 이상시현의 최적 설계개선 방안은 운용과정에서 식별된 문제점의 해소와 사업적인 특성(항공기 전력화 일정, 항공기 Retrofit에 소요되는 시간 및 비용 최소화 등)을 종합적으로 검토하여 “설계개선 3안(개선 DVI 케이블 적용)”으로 결정하였다.

### 2.3 MFD 이상시현 설계 개선방안의 성능 검증

MFD 이상시현 설계 개선방안(개선 DVI 케이블 적용)의 성능을 검증하기 위하여 DVI 케이블 조립체 단위의 비교시험, SIL/지상기능/비행시험을 수행하였다. 먼저, 기존 및 개선 DVI 케이블과 군용 커넥터(MIL-DTL-38999)를 활용하여 항공

기 체계 장착형상과 동일한 DVI 케이블 조립체 시제품을 제작하였다. DVI 케이블 조립체 시제품 제작은 KUH 배선 조립체(wire harness) 제작 규격을 기준으로 수행하였다[8]. 각각의 시제품을 제작하여 물리적인 특성(weight, flexibility, bending 등)을 비교해 본 결과, 개선 DVI 케이블을 활용하여 제작한 조립체가 우수함을 확인할 수 있었다. DVI 케이블 조립체의 성능 비교시험 환경은 Fig. 4와 같이 구축하였다. Network Analyzer의 각 포트에 시험용 포트 케이블을 연결하고, calibration 용도의 ECAL (Electrical Calibration) Module을 함께 연결하였다. 그리고 시험용 포트 케이블의 반대편에 시험 치구, DVI 케이블 조립체 순으로 연결하여 시험을 수행하였다.

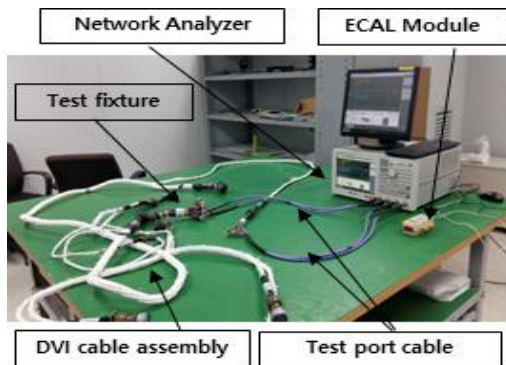


Fig. 4. Electrical performance test environment setting for comparison of DVI cable assemblies

DVI 케이블 조립체 관련 성능 비교시험 항목은 DVI 규격을 바탕으로 선정하였다[9]. 본 시험은 DVI 케이블 조립체 중 가장 길이가 긴 DVI 케이블(3.22(m))을 대상으로 Impedance 등 5가지 항목에 대하여 수행하였다. 각 시험항목에 대한 설명은 Table 5에 정리하였다.

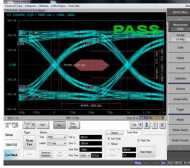

DVI 케이블 조립체에 대한 전기적 성능 비교 시험을 수행한 결과를 항목별로 정리하였다. 기존 및 개선 DVI 케이블 조립체의 Impedance를 측정할 결과, 두 제품 모두 규격 요구조건(100±20(Ω))을 만족함을 확인하였다. 개선품의 전체적인 Impedance가 기존 제품보다 평균 7.27(Ω) 향상됨을 확인할 수 있었다. Eye pattern은 두 제품 모두 DVI 규격 요구조건을 만족하나, 개선품의 Eye opening이 더 양호함을 확인할 수 있었다. Time Delay 관련 항목(Inter-pair skew, Intra-pair skew)을 측정할 결과, 개선품이 규격 요구조건을 만족하며 기존제품보다 향상되었음을 확인할 수 있었다. 그리고 S-parameter 관련 Insertion loss를 측정할 결과, 개선품이 규격 요구조건(8 dB@825MHz)을 만족하며 전 주파수 구간에서 기존 제품 대비 손실이 적음을 확인하였다. Return loss는 1~250(MHz) 대역에서는 개선품이 양호하나, 약 280(MHz) 이상의 대역에서는 기존 제품이 더 양호하였다. 그러나 DVI 운용 주파수 대역(@40(MHz))을 고려하였을 때, Return loss도 개선품이 항공기 체계에서 더 적합함을 확인하였다. 또한, Crosstalk 관련 항목(NEXT, FEXT)에 대하여 측정할 결과, 100(MHz) 대역까지는 개선품이 우수함을 확인하였다. Crosstalk 항목도 운용주파수를 고려하였을 때, 개선품이 더 적합함을 확인할 수 있었다. 각 성능시험 항목에 대한 결과를 요약하여 Table 6에 정리하였다.

Table 5. Electrical performance test items about DVI cable assembly

No	Test items	Explanation
1	Impedance	Check the degree of interference with the flow of energy through the transmission line
2	Eye pattern	It is a waveform that superimposes the level movement flow of the digital signal on a screen in Time Domain, and confirms the quality of the data signal. * The more noise the signal has, the less the eye opening. Conversely, the less noise the signal has, the larger the eye opening.
3	Time Delay	* Intra-pair skew : Check the signal transmission time difference at the receiving end of the cable in the transmission line * Inter-pair skew : Check the signal transmission time difference at the receiving end between cable pair in transmission line
4	S-Parameter	Check data loss through transmission line * Insertion Loss : At a specific frequency, Receiving voltage ratio to input voltage * Return Loss : At a specific frequency, Reflection Voltage Ratio to Input Voltage
5	Cross Talk	* NEXT(Near End Cross Talk) : Check if the signal is crosstalked at the near end of the adjacent cable pair * FEXT(Far End Cross Talk) : Check if the signal is crosstalked at the opposite end of the cable pair adjacent to the transmitter

실제 개선방안에 대한 SIL 및 지상/비행시험은 항공기 체계 적합성에 초점을 맞춰 진행하였다.

Table. 6. Summary of the electrical performance test results about two DVI cable assemblies

No	Test items		Existing product	Improved product	Remarks	Improved after change
1	Impedance		Max : 122.06( $\Omega$ ) Avg : 114.98( $\Omega$ )	Max : 111.89( $\Omega$ ) Avg : 107.71( $\Omega$ )	Specification : 100 $\pm$ 20( $\Omega$ )	
2	Eye pattern				Compare the Eye opening	
3	Time delay	Intra-pair skew	172.52ps(Max)	112.51ps(Max)	Specification : 151(ps)	
		Inter-pair skew	63.01(ps)	36.00(ps)	Specification : 5.05(ns/m)	
4	S-Parameter	Insertion loss	-7.9dB @ 825(MHz)	-5.9dB @ 825(MHz)	Specification : 8dB @ 825((MHz)	
5	Crosstalk	NEXT	-51.51(dB)	-62.30(dB)	Operating frequency : 40(MHz)	
		FEXT	-56.99(dB)	-64.08(dB)	Operating frequency : 40(MHz)	

MFD에 시현되는 영상정보의 품질은 SIL 시험을 통하여 점검하였다. MFD의 시현정보를 확인한 결과, DVI 케이블 개선품 적용에 따른 영향성이 없음을 확인하였다. 다음 단계로 개선된 DVI 케이블 조립체를 항공기 시제호기에 장착하였다. 항공기 체계에 적용해 본 결과, DVI 케이블 개선품의 물리적 특성(bend radius, diameter, weight 등)이 우수하여 유연성(Flexibility) 증가에 따른 작업성 향상과 중량 절감 효과를 기대할 수 있었다. 그리고 DVI 케이블 조립체의 유연성 증가로 항공기 장기 운용 시 기체 진동 등의 요인으로 발생할 수 있는 전기적 특성 변화를 줄일 수 있을 것으로 판단하였다. 항공기 체계 장착 점검 후 지상기능시험 및 비행시험을 수행하였다. MFD 이상시현이 항공기 납품 후 1~2년 정도 운용하였을 때 발생한 점을 고려하여, 시제기를 활용한 지상 및 비행시험을 6개월 정도 진행하였다. 지상기능시험 및 비행시험 과정에서 MFD의 시현 상태를 점검하였고, MFD 이상시현이 발생하지 않았다. 이러한 검증결과를 바탕으로 개선 DVI 케이블의 적용을 통한 설계 개선방안은 타당한 것으로 판단하였다.

### III. 결 론

KUH MFD 화면에 시현되는 정보(항법, 비행, 생존, 지형 및 정비 관련 정보)는 조종사가 임무를 수행하는 과정에서 필수적인 사항으로, MFD 화면의 안정적인 영상품질 확보는 비행 안전에 중요한 요소이다. 본 논문에서는 KUH 운용 과정에서 발생한 MFD 이상시현(Flickering, 점멸 현상)에 대해서 정리하고, 발생원인을 분석하였다. MFD 이상시현의 근본적인 해결을 위하여 수행한 항공기 체계 단위 종합 검토결과와 최적 설계 개선방안 도출 과정을 정리하였다. 또한, 설계 개선방안에 대한 검증결과(DVI 케이블 조립체 단위 전기적 성능시험, SIL/지상/비행시험)를 함께 제시하여 타당성을 입증하였다. 본 논문에서 제시한 최적 설계 개선방안의 적용을 통하여, MFD 이상시현의 해소와 항공기 체계의 비행 안전성 향상이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 최적 설계 개선방안의 적용을 통하여 항공기 Retrofit에 소요되는 시간과 비용을 최소화함으로써, 운용부대의 항공기 가동률 향상과 비용 절감에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

## References

- 1) 88KHZM7146, "Operational Manual for KUH MEP", Agency for Defense Development, Sep. 2012.
- 2) Kim, S. W., Go, E. K., and Lee, B. H., "Design to Integrated Display and Caution Function for KHP", *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Science*, Vol. 45, No.6, Jun. 2017, pp. 481~489.
- 3) MIL-HDBK-83575, "General handbook for space vehicle wiring harness design and testing", Department of Defense, Jun. 1998.
- 4) SAE-AS-50881, "Wiring Aerospace Vehicle", Society of Automotive Engineers Aerospace Standard, May. 2015.
- 5) Kim, Y. M., Chang, J. J., Jun, B. K., Kim, C. Y., and Kim, T. H., "A Study on Improvement about abnormal display of Multi Function Display for KUH", *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Science*, Vol. 42, No.4, Apr. 2014, pp. 344~350.
- 6) 24463/05099X-8(LD), Four Pair, 100-Ohm, DVI cable, Tensolite.
- 7) GSC-01-84895-00, DVI-24 AWG, Gore
- 8) A88PS0002, "Manufacture and Installation of Wiring Harness," Defense Acquisition Program Administration (DAPA), Mar. 2013.
- 9) "DVI Test and Measurement Guide," Digital Display Working Group(DDWG), Apr 1999.