

항공기 자동화와 비행 경로 관리

FOR HELICOPTER PILOTS AND INSTRUCTORS

TRAINING LEAFLET



Example of H135 Flight Navigation Display (FND)

HE9

목 차

용어 설명	6
소개	7
1. 자동화와 관련된 사고사례 연구	8
1.1 개요	8
1.2 GA upper mode	8
1.3 교훈	8
2. 자동화: 아군인가 적군인가?	9
2.1 명제	9
2.2 자동화 신뢰	9
2.3 기본 성능 모델	10
2.4 자동화 수준	10
3. 최적화된 자동화 사용	15
3.1 설계 목적	15
3.2 자동화 이해	15
3.3 비행승무원/시스템 인터페이스	15
3.4 최적화된 자동화 사용에 영향을 미치는 운동적, 인적 요인	17
3.5 핵심 사항 요약	17

4. 자동화 기본 원칙	18
4.1 소개	18
4.2 일반적 기본 원칙	18
4.3 정상 운용시 기본 원칙	24
4.4 비정상 및 비상상황을 위한 구체적 기본 원칙	26
참고자료	28
부록 1	29
부록 2	30
부록 3	37

용어 설명

AFCS: 자동비행조종시스템(automatic flight control system)	TAWS: 지형인식 및 경고시스템 (Terrain Awareness and Warning System)
AP: 자동조종(auto pilot)	TCAS: 공중충돌방지시스템(traffic collision avoidance system)
APCP: 자동조종제어패널(auto pilot control panel)	TEM: 위협 및 에러 관리(threat and error management)
ATC: 항공교통관제(air traffic control)	VMC: 시각비행조건(visual meteorological conditions)
BRG: 방위각(bearing)	V/S: 수직속도(vertical speed)
CAS: 승무원경고시스템(crew alerting system)	
CDU: 제어표시장치(control display unit)	
CFT: Controlled Flight Into Terrain	
COM/NAV: 통신/항법(communication/navigation)	
CRM: 조종석 자원관리(cockpit resource management)	
CRS: 코스(course)	
DME: 거리측정장비(distance measuring equipment)	
FCOM: 비행승무원운용매뉴얼(Flight crew operating manual)	
FND: 비행 항법정보 시현장치(Flight navigation display)	
FL: 비행고도(flight level)	
FMA: 비행모드상태 표시장치(flight mode annunciator)	
FMS: 비행관리시스템(flight management system)	
GA: 복행(go around)	
GPWS: 지형근접경고시스템(ground proximity warning system)	
G/S: 활공각(glide slope)	
HDG: 헤딩(heading)	
IAS: 지시대기속도(indicated air speed)	
ILS: 계기접근시스템(instrument landing system)	
LOC: 방위각제공사설(localizer)	
LDP: 착륙결심지점(landing decision point)	
MEA: 최저항로고도(minimum en route altitude)	
MORA: 최저비항로고도(minimum off route altitude)	
MSA: 최저섹터고도(minimum sector altitude)	
NAV: 항법(navigation)	
NAVD: 항법정보 시현장치(navigation display)	
OM: 운전자 매뉴얼(operations manual)	
PF: 조종간을 잡은 조종사(pilot flying)	
PFD: 주요 비행정보 시현장치(primary flight display)	
PM: 조종간을 잡지 않은 조종사(pilot monitoring)	
QRH: Quick Reference Handbook	
RA: 전파고도계(radio altimeter)	
RMI: 무선 자기방위 지시기(radio magnetic indicator)	
SID: 표준계기출발절차(standard instrument departure)	
SOP: 표준운영절차(standard operations procedure)	
TA: 항적조언(traffic advisory)	

서론

이 교육안내서는 유럽 헬리콥터 안전 팀(EHEST)소속의 유럽 헬리콥터 안전 이행 팀(EHSIT)이 제작했습니다. 유럽 헬리콥터 안전 이행 팀(EHSIT)은 유럽 헬리콥터 안전 분석 팀(EHSAT)이 수행한 사고 분석에서 식별된, 이행 권고 사항(IR) 처리 업무를 담당하고 있습니다.

수년 간 헬리콥터 제작사는 수동 비행 시 작업량을 줄이고 비행 승무원을 보조하기 위해, 안정성 증대 및 자세 유지 방식의 자동화를 활용해 왔습니다. 지난 30 년간 급격한 기술 발전으로 인해, 특히 최근 10 년간은 이러한 기본적인 시스템 능력에 많은 발전이 이루어졌습니다.

그러나 불행히도 교육 및 점검 관행은 지속적인 기술 발전에 항상 보조를 맞춰온 것만은 아니었습니다. 자동화 사용은 교육 시 더 심도 있게 다루어야 하고 운영자에게는 더 많은 지침이 제공되어야 합니다.

유럽항공협회(JAA)의 운영 평가 위원회 보고서(OEB)와 유럽항공안전청(EASA)의 새로운 운영 적합성 데이터(OSD) 등장은 특정 자격 교육 중에 다루어야 할 특별히 강조되는 부분을 해결하는 데 큰 역할을 했습니다.

일부 제작사는 비행 운용 브리핑 노트(FOB)를 발간했습니다. 그리고 해상유전(offshore), 수색구조(SAR), 응급의료헬기(HEMS) 운용과 같은 특정 임무 수행 시 각각 다른 항공기 운용 방법을 다루기 위해, 최근에는 승무원 운용 매뉴얼(FCOM)과 같은 문서를 발행했습니다

자동화는 비행 안전 개선에 지속적으로 큰 기여를 해왔습니다. 자동화는 일상적인 절차의 적시성과 정확도를 높여 비행 안전과 관련된 오류 발생 가능성과 위험을 감소시킵니다.

그럼에도 불구하고 자동화에는 한계가 있습니다. 결정적으로, 매우 복잡하고 고도로 자동화된 항공기에서 비행승무원은 모드 인식을 하지 못할 수 있습니다. 또한 자동화 모드와 특정한 비행 단계 또는 조종사 조작과 상호 작용을 이해하지 못할 수 있습니다.

헬리콥터 업계에서는 사고 조사 결과 자동화 및 복잡한 비행 디스플레이가 사고의 주요 요인으로 꼽혀온 사고 사례가 끊임없이 발생하고 있습니다.

이 교육안내서는 현재 모범 사례를 식별하고 강력한 안전 강화 수단(자동화)을 최대한 활용하는 데 도움을 주기 위해 개발되었습니다. 이 안내서는 2 인이상의 조종사(multi pilot) 운영에 더 중점을 두고 있지만, 현대식 항공기를 운용하며 동일한 문제에 직면한 1 인 조종사(single pilot)도 업무량을 줄이고 더 효과적인 비행 관리 방법에 대한 제안을 찾을 수 있을 것입니다

1. 자동화와 관련된 사고사례 연구

1.1 개요

헬리데크(Offshore platform)에서 28 분을 보낸 후, 기장은 안정적으로 이륙을 했고 증속 하며 GO-Around(GA) 모드를 실행했다. 곧바로, 승무원들은 헬리콥터가 예상대로 상승하지 않고 있다는 것을 감지했다. 헬리콥터는 여전히 강하하며 가속하고 있었다. 오토파일럿이 여전히 활성화된 상태였지만 기장은 요망 상승 경로를 유지하기 위해 수동 조작으로 전환했다. 기록된 비행 데이터상으로는 헬리콥터가 상승으로 전환되었지만, 피치 자세는 18° nose up 까지 꾸준히 증가했고 속도는 거의 0 에 가깝게 감소했다. Pitch up 은 계속 증가하여 회복 조치를 취하기 전까지 23.5° 까지 도달했다. Pitch up 을 회복하는 과정에서 헬리콥터는 36° down pitch 와 높은 강하율을 보였다. 그리고 해수면 약 50 피트 상공에서 안정된 것으로 기록되었다. 그 후 기장은 헬리콥터를 정상적인 비행 제원으로 회복하고 순항 고도 상승했다. 승무원에 따르면 이륙 후 상승 중 오토 파일럿 모드 실행 초기에 문제가 있었지만 이후 정상적으로 회복하였고 안전하게 접근하고 착륙했다.

1.2 GA upper mode

기장이 GA 모드를 실행하자 예상대로 작동했다. 당시 비행 속도(76kt)는 오토 파일럿 목표 속도로 설정되었고, 수직속도는 1000ft/min 으로 설정되었다. 수직속도가 증가하여 설정값을 초과하자, 컬렉티브와 엔진 토크는 예상대로 감소했다. GA 모드는 15 초간 유지되었고 이후 IAS 와 VS 모드로 전환되었다. 그러나, 사이클릭 후방압 조작으로 인해 IAS 가 0 으로 감소하며 IAS 모드가 자동으로 해제되어 기본 자세 유지(ATT) 모드로 대체되었다. V/S 모드는 여전히 유지된 상태였다

1.3 교훈

- **조종:** PF 는 항공기 조종에 집중해야 합니다. PM 은 비행 제원을 모니터링하고 과도한 편차 또는 PF 의 부적절한 조치를 호창하여 PF 를 보조해야 합니다.
- **예상대로 되지 않을 경우 수동으로 전환:** 항공기가 요망 비행 경로를 따르지 않을 경우 지체없이 수동 비행으로 전환해야 합니다.
- **올바른 자동화 수준 사용:** 올바른 자동화 수준은 대체로 조종사가 가장 편안하게 느끼는 수준입니다.
- **업무 분담 및 상호보완 훈련:** 업무 분담, 효과적인 교차 점검 및 상호 보완은 지상 및 비행 운용 모든 단계에서 연습해야 합니다.
- **가용하고 선택된 가이드스(guidance) 이해:** PFD 와 NAVD 는 항공기가 승무원과 통신하여 항공기 시스템이 모드 선택과 입력된 목표값을 올바르게 수용하는지 확인하는 주요한 인터페이스입니다.
- **기종 별 자동화 로직에 유의:** 다양한 헬리콥터를 운용하는 승무원은 각각 AFCS 작동 로직을 숙지해야 합니다.
- **의사소통:** 멀티 파일럿 운용 시 상황인식을 최상으로 유지 하기 위해서는, 모드 선택과 항공기 반응(예상대로 인지, 아닌지)을 명확히 확인하는 것이 중요합니다.

2. 자동화: 아군인가 적군인가?

2.1 명제

- 자동화는 많은 분야에서 안전성, 편의성, 업무 만족도를 크게 향상시켰다. 그러나 많은 문제를 일으키기도 한다."(Wickens)
- 자동화는 단순히 인간의 행동을 대체하는 것이 아니다. 자동화는 인간 행동을 계획된 방식 그리고 계획되지 않은 방식으로 변화시킨다
- 많은 사고는 인간-자동화의 상호작용 문제와 연관성이 있다

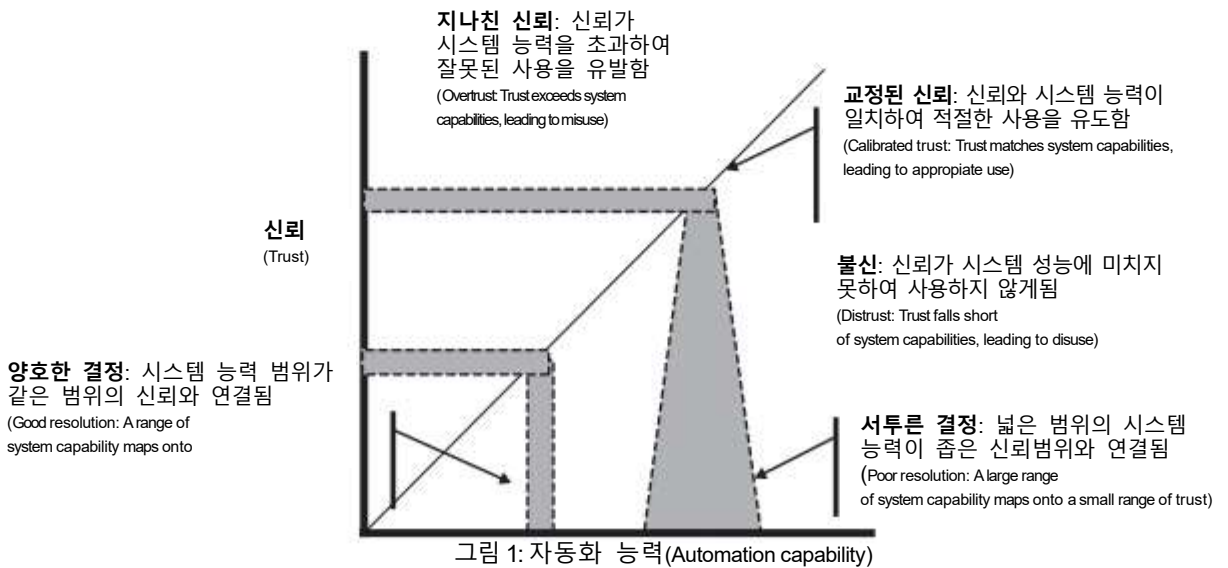
2.2 자동화 신뢰

신뢰는 인간-자동화(human-automation)의 상호작용에 중요한 요소이며 시스템 성능에 큰 영향을 미친다(Sheridan, 2002)

- 자동화 신뢰 - 통합성, 능력, 신뢰성 또는 보조(aid) 성격에 대한 확고한 신뢰(주관적)
- 자동화 활용 - 보조에 대한 실제적 의존(객관적)

인간-자동화의 저조한 퍼포먼스에 관해 많은 연구가 진행중인데, 한가지 주된 요인은 자동화 신뢰이다. 사실, 인간은 모니터링에 서투른 편이다. 승무원은 자동화를 신뢰해야 제대로 사용할 수 있다. 그러나 신뢰는 다음과 같은 비선형 프로세스이다:

- 운전자-자동화 사이에는 자동화 퍼포먼스의 비선형적 함수와 동적 상호작용 존재(There is a nonlinear function of automation performance and dynamic interaction between operator and Automation)
- 부정적 경험은 무게를 더한다(Negative experience weight more)
- 초기 경험은 무게를 더한다(Initial experiences weight more)
- 낮은 신뢰성으로 인한 급격한 신뢰 저하(Low reliability leads to rapidly declining trust)
- 비신뢰성에 대한 예측가능성도 중요: 낮은 예측성은 신뢰를 저하시킴(Predictability of unreliability is also important: lower predictability leads to lower trust)
- 최근 연구: 자동화가 "쉬운 문제"를 틀릴 경우, 신뢰/의존도 저하(Recent research:when the automation gets "easy problems" wrong, less trust/reliance)



(Source: designing for Appropriate Reliance John D. Lee and Katrina A. See, University of Iowa, Iowa City, Iowa, September 4, 2003)

2.3 기본 퍼포먼스 모델

Man-Machine 시스템 성능은 기본적으로 설계, 절차 및 역량(교육, 훈련, 경험의 결과), 환경에 따라 달라집니다(source EASA Automation Policy, Edition 2, 2013).

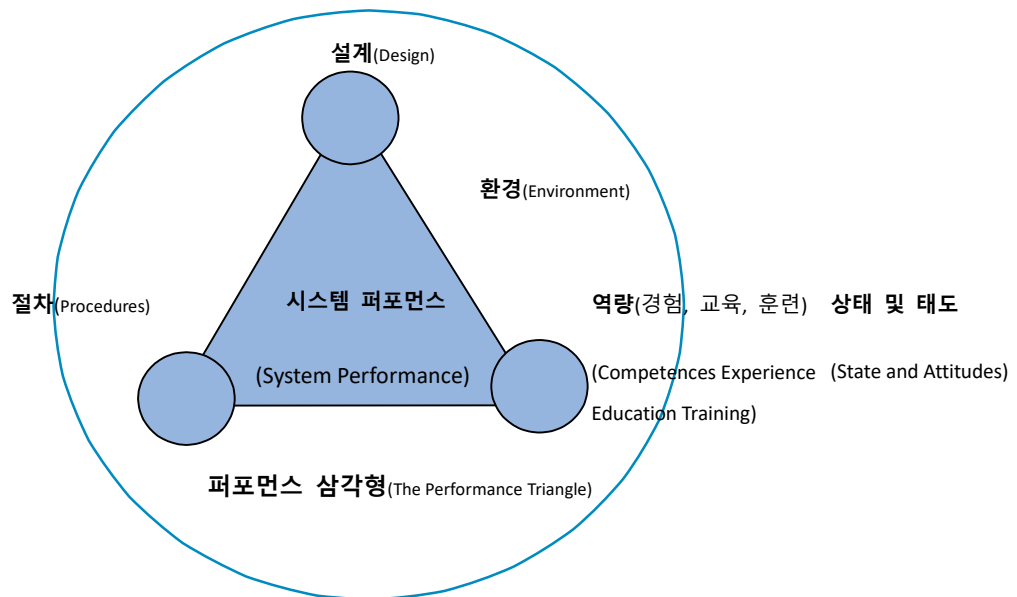


그림 2: 퍼포먼스 삼각형(The Performance triangle)

예를 들어 스트레스, 피로 등 행동 주체자의 생리적, 심리적 상태와 태도, 관심 및 업무 관여도 역시 퍼포먼스에 기여합니다.

이 모델에서 우수한(단순하고 직관적이며 사용자 친화적인) 설계가 운용되는 데에는 적은 역량 및/또는 절차 가이드선(instructions)이 요구되는 반면, 설계가 불량하면 더 많은 지침 및/또는 사용자 역량을 요구한다는 것을 보여줍니다.

또한 이 모델은 퍼포먼스 저하 시 시스템 요소 중 한가지 만 식별하는 것이 환원 적임을 보여줍니다. 그리고 기본 구성 요소 세 가지를 개별적으로 또는 조합해서 개선하면, 전체적인 시스템 퍼포먼스를 향상시킬 수 있다는 것을 보여줍니다.

2.4 자동화 수준

대다수의 경량 단일 엔진 헬리콥터는 자동화 시스템이 없는 반면, 현대식 중/대형 헬리콥터는 안전을 강화하고 조종사 업무 부하를 줄이기 위해 AFCS upper 모드 4 축을 사용하도록 설계되었습니다. 자동화를 통해 승무원 오류 관리를 개선하는 AFCS 보호 기능의 이점을 누릴 수 있습니다

적절한 자동화 수준은 기상 조건, 환경, 승무원 업무 부하, 승무원 교육 등과 같은 많은 요소에 따라 다르기 때문에 정의하기가 매우 어렵습니다

자동화 수준은 일반적으로 업무 또는 현재 상태를 고려해 승무원이 선택한 수준입니다.

주요 자동화 단계는 0 단계부터 고급 단계까지 다음과 같이 정의할 수 있습니다

2.4.1 수동(No Automation)

대다수의 경량 단발 엔진 헬리콥터(R22, R44, AS350, H130)는 자동화 기능이 없지만, 일부에는 2 축 또는 3 축 AFCS 를 옵션으로 장착할 수 있습니다.

이러한 형태의 자동비행장치는 주로 자가용 비행, 훈련비행 또는 항공기사용사업에 사용됩니다.

자동화 기능이 없다면 조종사는 항상 "hands on(수동)" 비행을 해야 합니다.

이 경우, 특히 정밀함이 요구되는 조작(swing, 호이스트 등)시 조종간 직접 조작은(서보 기능과 관계없이)조종사가 항공기를 '느끼고' 적절히 반응하는데 도움이 됩니다. 자동화된 항공기로 이러한 정밀한 하버링 작업을 수행할때는 일반적으로 직접 조종을 위해 자동화 기능을 해제합니다 .

특히 single pilot 조건에서 항상 "hands on(수동)" 비행을 하게되면 주파수 변경, 차트 참조, 성능 계산 등 상당한 업무량이 발생합니다. 물론 좁은 지역에서 업무를 수행한다면 감당할 수 있습니다. 그렇지만 장거리 항법시에는 자세유지 기능(ATT)을 사용하면 업무량이 감소됩니다.

2.4.2 안전성 증대 시스템(SAS)

안정성 증대 시스템(SAS)은 헬리콥터 안정성을 높이기 위해 단기적 완충(short-term rate damping) 기능을 수행합니다.

트림 시스템과 마찬가지로 SAS 도 "hands on(수동)" 비행이 필요합니다.

자세 유지 시스템(ATT)은 일시적 변화 후 헬리콥터를 기존에 선택된 비행 자세로 회복시킵니다.

자세 변화는 보통 4-way "beep" 스위치를 사용하거나 자세를 수동으로 재설정하는 사이클릭 "force trim" 스위치를 작동해서 설정할 수 있습니다. 자세 유지는 SAS 시스템의 일부 기능이거나 기본적인 "hands off(자동)" 오토 파일럿 기능입니다.

이 중에서 가장 간단한 시스템은, 자기 클러치와 스프링을 사용하여 트림 스위치가 설정된 위치에서 사이클릭을 고정시키는 force trim 시스템입니다. 더 진보된 시스템은 실제로 조종간을 움직이는 전기식 서보를 사용하는데, 이 서보들은 헬리콥터 자세를 감지하는 컴퓨터로부터 제어 명령을 받게됩니다.

일부 현대식 헬리콥터에서는 최소한의 헬리콥터 안정성을 보장하기 위해, 두 개의 AP 처리 장치가 고장 난 경우 백업 SAS 가 직렬 액추에이터 제어를 자동으로 대신합니다. 이 기능은 별도 참조 자이로 및 SAS 제어 법칙을 사용하는 독립적인 별도 계기에 의해 수행될 수 있습니다.

그러나 이 단계는 여전히 조종사의 빈번한 수정 조작이 요구되는데, 1960년대 초기에 더 수준 높은 보조 시스템 필요성이 대두된 것은 어쩌면 당연한 것이었습니다.

2.4.3 AFCS 기본 안정화(ATT)모드

기본 안정화(ATT) 모드는 AFCS 직렬 및 병렬 액추에이터를 통해 피치, 롤 및 요 축에 적용 됩니다.

- 피치 and 롤 축: 조종사가 설정한 자세 또는 실행 시 현재 자세 유지
- 요 축: 제자리비행 또는 저속에서 헤딩 유지, 또는 순항비행시 삼타일치선회(turn coordination) 기능

기본 안정화 기능은 업무량 및 조종간에 가해지는 부하를 최소화 하기 위해 피치 및 롤 축에 장기적 자세 유지 기능(long term attitude retention)을 수행합니다. "hands on(수동)" 기능은 요망 비행 경로 또는 실제 컬렉티브 위치에 따라 변화되는 속도를 유지하기 위해, 조종사가 반드시 조종간을 '수동으로' 조작 해야한다는 의미입니다.

유용한 팁:

- 비행 경로 유지를 위해 사이클릭 스틱 위치가 설정된 경우, 미세한 조절은 beep trim 을 사용하고, 비교적 큰 자세 변경은 trim release 스위치를 사용합니다
- 순항 비행시 AFCS 가 편류에 대응하도록 페달에서 발을 떼어 놓습니다.
- 원하는 경사각을 유지하기 위한 조작은 일반적으로 사이클릭 스틱에 힘을 가하며 수행해야 합니다. (선회중에는 trim 스위치 조작을 하지 않습니다.) 이렇게 하면 항공기가 의도하지 않은 상태가 될 경우 사이클릭은 수평자세로 회복할 것입니다. 일부 유형에는 자세변화에 상당한 힘(breakout force)이 필요할 수 있는데, 선회 중 트림 조작을 하는 것이 가장 실용적인 방법일 수 있습니다.

- 조종사 업무량을 줄이기 위해 가급적 upper mode 를 활용합니다

2.4.4 Upper mode (3-축)

조종사 업무 부하를 줄이기 위해 모든 upper mode 사용시, 3 축 보다는 4 축 mode 를 사용이 권장됩니다. 일부 기능은 위급한 상황에서 매우 유용하고 비행 안전을 향상시킬 수 있습니다

upper mode(3-축)가 사이클릭을 통제하지만 컬렉티브는 반드시 수동으로 조작해야 합니다. 따라서 AFCS 상태 창에는 컬렉티브 축 모드가 표시되지 않습니다

오토 파일럿 시스템(APs)은 지정된 수평 및 수직 경로에 대해서 사이클릭 축 "hands off(자동)" 비행이 가능하게 합니다. 이 기능에는 헤딩, 고도, 수직 속도, 향로 유지 및 접근 방식이 포함될 수 있습니다. AP 에는 일반적으로 모드 선택 및 모드 상태 표시를 위한 제어 패널이 있습니다. AP 는 일반적으로 roll 및 pitch 축(사이클릭 조절)을 제어하지만 yaw 축(페달 조절)도 제어합니다.

수직 및 수평 모드를 동시에 활성화 할 수 있지만 속도를 유지하기 위해서는 조종사가 집적 컬렉티브 레버로 동력을 조절을 해야 한다는 의미인데, 조종사들은 종종 이 부분을 헛갈려 합니다. AFCS upper mode 상태를 확인하는 유일한 방법은 AFCS 상태 창을 모니터링하는 것입니다.

그러나 4 축 AP 시스템에서, 때로는 난기류 조건이나 EPC(Egnige Power Check)를 수행할 때 3 축 비행이 유용합니다. 3 축 upper mode 필요시 4 축에서 3 축으로 전환 할 수 있습니다.

일부 현대식 헬리콥터는, 조종사 업무량을 줄이고 안전성을 높이기 위해 AFCS upper mode 가 3 축에서 4 축으로 자동으로 전환됩니다(예: 엔진 정지 또는 조종사가 컬렉티브 조작을 하지 않은 상태에서 속도가 v_y 이하로 감소하는 경우 또는 지면 근처에서).

조종사는 피치, 롤 3 축으로 비행 시 컬렉티브 레버를 수동으로 조절해야 합니다. 헬리콥터 기본 비행 원리를 항상 염두에 두어야 하는데, 특히 속도나 고도를 변경할 때 저동력 상태에 대한 주의력을 상실하면 속도가 순식간에 줄어 들 수 있기 때문입니다. 조종사가 컬렉티브에 항상 손을 대고 있는 것을 권장하는데, 컬렉티브 상태를 인지할 수 있는 확률을 높일 수 있습니다.

2.4.5 Upper mode (4-축)

upper mode(4-축)에서 upper mode 는 사이클릭과 컬렉티브를 통제합니다. 완전한 "hands off(자동)" 비행을 할 수 있지만, 지면 근처에서는 조종사 주의가 필요합니다.

오토 파일럿 시스템(APs)은 설정된 수평 및 수직 경로를 따라 "hands off(자동)" 비행을 수행합니다. 기능 모드에는 헤딩, 고도, 수직 속도, 경로 유지 및 접근 방식 등이 있습니다. AP 에는 일반적으로 모드 선택 및 모드 상태 표시를 위한 제어 패널이 있습니다. AP 는 일반적으로 헬리콥터를 롤, 피치 축(사이클릭 컨트롤)을 제어하지만 요 축(페달 컨트롤)과 컬렉티브 조절 서보도 제어합니다.



그러나 이러한 수준 높은 보조는 그 기능과 조종사 조작에 있어서 호환성 문제가 발생합니다. 예를 들어 롤 자세 유지 기능은 조종사가 선회 조작을 할 때마다 롤 입력을 상쇄하게 됩니다. 따라서 안정성 증대(SAS) 수준 보다 진보된 자동화는 대부분 조종사 조작을 감지하여 AFCS 가 조종사 조작을 자동적으로 적용하는 follow-up 기능으로 전환됩니다.

이러한 follow-up 기능은 "hands-on/foot-on" 기능, "fly-through" 또는 "transparency" 또는 "override" 모드라고 지칭합니다. 이 용어들은 AFCS 가 조종사 조작을 감지하면 장기적 유지(long term hold) 기능을 중단시키고 단기적(short term) 보조 기능으로 전환된다는 개념입니다.

일부 AFCS 는 설계상 "hands-on(수동)"에서 "hands-off(자동)"로 전환 될 때에 일시적으로 지연된 후 장기적(long term) 자세 유지 기능을 회복하는데, 조종사는 이 점을 고려해야 합니다.



3. 최적화된 자동화 사용

3.1 설계 목적

AFCS 설계 목적은 비행 전반(정상 운용 범위내)에 걸쳐 승무원을 다음과 같이 보조하는 것입니다:

- PF의 일상적 조작 업무를 덜어 상황 인식을 높이거나 문제를 해결하는데 시간과 자원을 활용 가능하게 한다.
- 수동 비행시, FND를 통해 적절한 자세 및 비행 경로 가이드를 제시한다

AFCS는 조종사가 APCP(autopilot control panel) 또는 FMS에서 설정한 목표와 실행된 모드에 따라, 선택된 목표와 요망 비행 경로에 도달하고 유지하기 위한 가이드를 제시합니다

APCP와 조종사는 단기적(short term) 가이드(Immediate guidance)를 위한 조종사와 AFCS 사이의 주요 인터페이스입니다.

FMS는 장기적(long term) 가이드(현재 및 후속 비행 단계)를 위한 조종사와 AFCS 사이의 주요 인터페이스입니다

3.2 자동화 시스템 이해

자동화 시스템, 특히 AFCS와 FMS를 이해하려면 다음과 같은 기본적인 질문에 대한 답이 필요합니다:

- 시스템은 어떻게 설계되었는가?
- 시스템은 왜 이렇게 설계되었는가?
- 시스템이 조종사와 어떻게 인터페이스되고 의사소통을 하는가?
- 정상 및 비정상 상황에서 시스템을 어떻게 운용하는가?
- 시스템의 보호 기능은 무엇이며 성능 저하 시 보호 기능은 무엇인가?

자동화 기능을 최적으로 사용하려면 다음 측면을 완전히 이해해야 합니다.:

- FND/NAVD에서 AFCS 모드 통합(모드 페어링)
- 모드 전환 및 복귀 순서
- 다음을 위한 조종사-시스템간 인터페이스:
 - ✓ 조종사 → 시스템 통신(목표 선택 및 모드 실행)
 - ✓ 시스템 → 조종사 피드백(모드 상태와 헬리콥터를 목표로 유도하는 정확도 그리고 능동적인 제어장치 모니터링을 교차 확인)

3.3 비행승무원/시스템 인터페이스

APCP 또는 FMS를 조작해 AFCS에 명령을 내리면 조종사는 항공기 반응을 예상하게 되는데, 다음 사항을 염두에 두어야 합니다:

- 지금 항공기를 어떻게 조종할 것인가?(What do I want the aircraft to fly now?)
- 앞으로 항공기를 어떻게 조종할 것인가?(What do I want the aircraft to fly next?)

이는 다음 질문에 대한 답변도 포함합니다:

- 항공기를 조종하기 위해 어떤 모드를 실행해야 하며 어떤 목표를 설정했는가?
- 항공기가 의도한 수직 및 수평 비행 경로와 목표를 따르고 있는가?
- 차후 비행을 위해 어떤 모드를 실행 준비(arm) 했고 어떤 목표를 미리 설정했는가?

위 질문에 답하려면 다음 컨트롤 및 디스플레이의 주요 역할을 이해해야 합니다:

- AFCS 모드 선택 키, 목표 제원 설정 노브 및 시현창
- FMS 키보드, 라인 선택키,시현페이지 및 메시지
- PFD 에 시현되는 비행모드표시창(FMA: Flight modes annunciator)
- PFD,NAVD 시현장치 및 눈금(가이던스 목표 교차 점검)

제어 장치와 디스플레이를 효과적으로 모니터링 하면 비행 경로와 속도 조절을 위해 적용 가능한 가이던스에 대한 비행 승무원 인식을 증진시키고 향상시킬 수 있습니다:

- 오토파일럿 시스템 상태—실행 된(engaged) 또는 준비 된(armed) 모드
실행중인 가이던스 목표



3.4 최적의 자동화 사용에 영향을 미치는 운영적, 인적 요인

자동화 사용이 사고 유발 요인으로 밝혀진 사고사례에서 다음과 같은 운영 및 인적 요소를 종종 볼 수 있습니다:

- 위협(필요한 상황에서 자동화 기능과 상호 작용이 없거나 뒤늦은 개입)
- 과신/과도한 신뢰(과도한 위임)
- 나태함(수동적 태도, 적극적인 감독 부재)
- 의도치 않게 잘못된 모드를 준비(arming) 또는 실행(engagement)
- FMA 에 준비된(armed) 또는 실행된(engaged) 모드가, 실제로 준비(arming) 또는 실행(engagement) 되는지 검증 실패
- APCP 로 잘못된 목표(고도, 속도, 방향, 방위, 코스, 트랙, 비행 경로 각도 FPA 등) 선택 및 PFD 및/또는 NAVD 의 해당 심벌을 교차 점검하지 못해 발생한 선택된 목표 확인 실패
- FMS 에 잘못된 웨이포인트 waypoint) 입력
- 부정확한 웨이포인트로 수평 항법 모드 실행 준비(잘못된 TO waypoint)
- 비행중요단계에서 FMS 에 치중하여 발생한 상황 인식 실패
- 모드 전환 및 복귀에 대한 이해 부족(모드 혼동, 예상치 못한 자동화 기능 작동으로 인한 당혹감)
- 자동화 기능을 간섭하는 시기적절하지 못한 수동(override) 조작
- PF 가 비행 경로 및 속도를 모니터링하지 못하게 되는 부적절한 업무 분담 및/또는 CRM 관행 (예: 두 조종사 모두 자동 기능을 조작하거나 우발상황 또는 비정상적인 상태 해소에 집중함)
- 부정확한 trim 자세 또는 out of trim 상태에서 upper mode 실행
- FMA 확인 없이 의도치 않은 모드를 두 번 선택(해당 모드는 선택되지 않게 됨)
- 접근 모드 실행 준비(arm) 실패
- 올바른 최종 접근 코스 설정 실패

3.5 핵심 내용 요약

자동화를 최적으로 사용하기 위해 다음 사항이 권장됩니다:

- upper mode 통합성 이해
- 모드 전환 및 복귀 순서 이해
- 다음을 위한 파일럿-시스템 인터페이스 이해:
 - ✓ 조종사-to-시스템 통신(모드 실행 및 목표 선택)
 - ✓ 시스템-to-조종사 피드백(모드 및 목표 교차 점검)
- 적용 가능한 가이드선스(modes armed or engaged, active targets) 인식
- 업무 및/또는 상황에 맞게 자동화 수준을 조정하거나, 필요 시 수동 비행으로 복귀를 위한 경각심 유지
- 설계 철학, 운용 철학, SOP 및 조종사를 위한 골든 룰(Golden Rules) 준수

4. 자동화 기본 원칙

4.1 개요

초창기 항공에서 골든 룰(Operating Golden Rule)은 기본 비행술 원칙으로 정의되었습니다.

현대 기술이 적용된 항공기 개발과 인간-기계(man-machine) 인터페이스 및 승무원 협조에 관한 연구를 통해서, 골든 룰은 자동화 기능과 CRM/TEM(Threat and Error Management)의 상호작용 원칙을 포함시키며 확대되었습니다.

본 안내서에서 "골든 룰"을 자동화 "기본 원칙" 이라고 부릅니다.

기본 원칙은 훈련생들이 점점 더 집약되고 자동화된 항공기를 운용함에 따라 기본적인 비행술을 유지하는 데 도움을 줍니다. 이 기본 원칙은 훈련생들을 위해 개발되었지만, 숙련된 조종사들 에게도 마찬가지로 유용할 것입니다. 기본 원칙은 사건사고 유발 요인으로(causal factor) 빈번히 간주되는 부분을 다루고 있습니다. 예를 들어:

- 부적절한 상황/위치 인식
- 부정확한 자동화와 상호 작용
- 자동화에 대한 과도한 의존
- 비효율적인 승무원 교차점검 및 상호보완

4.2 일반적인 기본 원칙

4.2.1 자동화된 항공기도 일반 항공기 처럼 비행할 수 있다

이 원칙을 장려하기 위해 각 훈련생은 upper mode 없이 기본적인 오토 파일럿(yaw/roll, pitch and collective)을 사용하여 시뮬레이터 비행을 해야 합니다

AFCS 보호 기능과 upper mode 와 FMS(정상, 성능 저하) 사용은 해당 교육 계획표에 의해 점진적으로 수행해야 합니다.

수동 비행 연습은 PF 가 항상 다음을 적용할 수 있는 권한과 능력이 있다는 것을 보여줍니다:

- 더 직접적인 자동화 수준 또는
- 수동 비행으로 복귀, 직접 항공기 궤적과 동력 조절

4.2.2 조종, 항법, 의사소통(통신) 및 비행관리 -순서대로

업무 분담은 현재 상황(해당 운용 매뉴얼에 정의된 바와 같이 수동 비행 또는 upper mode 활성화된 상태에서 업무 분담, 정상 운용 또는 비정상/비상 상태에서 업무 분담)에 맞게 조정되어야 합니다.

그리고 업무는 다음 우선순위에 따라 수행되어야 합니다:

¹ Automation Golden Rules were developed by Airbus

· 조종 (비행):

PF 는 원하는 목표, 수직 및 수평 비행 경로에 진입하고 유지하기 위해 항공기 조종에 집중해야 합니다(피치 자세, 경사각, 속도, 동력, 사이드 슬립, 헤딩 등을 컨트롤 및/또는 모니터링 하면서)

PM 은 비행 제원을 모니터링하고 과도한 편차를 호창하여 PF 를 보조해야 합니다.

· 항법:

수직, 수평 항법을 위한 요망 모드(APCP mode 선택 그리고/또는 FMS 연동 항법을 통해)를 선택 합니다.. 그리고 주변 지형과 최저안전고도(MSA)를 알고 있어야 합니다.

이 원칙은 "위치확인....." 위한 다음 세가지 상황인식으로 요약할 수 있습니다.

- ✓ 자신의 위치가 어디인가(Know where you are)
- ✓ 있어야 할 곳은 어디인가(Know where you should be)
- ✓ 주변 지형은 어떠한며, 장애물 위치는 어디인가(Know where the terrain and obstacles are)

FMS 조작시 공통적 오류	예상되는 결과	권장사항
업무량이 적은 단계에서 조종사 두명 모두 FMS 조작 (예, 항로상)	상황인식 실패	한 사람은 항상 고개를 들고 있어야 한다
비행중요단계에서 FMS 조작에 집중함	상황인식 실패 및 의사소통 저하	FMS 조작을 미리 예상, FMS 입력시 교차 점검 비행중요단계에서 FMS 조작 포함(sterile cockpit phases of flight).
IAF 접근 중 뒤늦은 FMS 조작 (예: 활주로 변경 접수 후)	부적절한 FMS 항법으로 IAF 도달	1차적 데이터(raw data)로 승무원이 선택한 가이드스로 복귀하고 뒤늦은 FMS 조작 지양
FMS 에 잘못된 웨이포인트 입력 또는 선택	혼동 및 CHT	NAVD 웨이포인트를 공항, 비콘 등 지도상 고정된 지형지물, 1차적 데이터와 대조하여 비교 확인

· 의사소통(통신):

SOP 표준호창절차는 운영자가 수립해야 하며 조종사/ 객실승무원 통신을 위해 다음 두가지 모두에 대해 수립되어야 합니다:

- 정상 조건(출발 및 도착)
- 비정상적 또는 비상 상황(예: 지상에서 비상상황/대피, 업무수행 불가능 상태인 승무원, 강제 착륙 또는 착수 등)

효과적인 승무원 의사소통에는 비행 승무원과 관제사 간, 그리고 비행 승무원 상호 간의 소통이 포함됩니다.



효과적인 의사소통을 통해 목표와 의도를 공유하고 승무원 상황인식 능력을 향상시킬 수 있습니다. 모든 접근 절차 전 또는 복잡한 상황으로 진입하기 전에 철저한 승무원 브리핑이 수행되어야 하며 브리핑 시 반드시 자동화 사용이 포함되어야 합니다.

SOP 표준 호칭은 최적화된 자동화 사용을 위해서 무엇보다 중요합니다(예: FMA 변경, 목표 선택, FMS 입력 시 호칭을 하며 모드가 arming 또는 engagement 되는지 인지):

- 표준 호칭은 "지금 비행에서 무엇을 해야 하는가?"라는 질문을 만들어내며, 다음을 명확하게 나타냅니다:

- ✓ 조종사가 설정 하고자 하는 목표는?
- ✓ 조종사가 준비(arm) 또는 실행(engage) 하고자 하는 모드는?

- PF 의도가 PM 에게 명확히 전달될 때, 표준 호칭은:

- ✓ FMA 와 PFD/NAVD 교차 점검이 용이해진다
- ✓ 두 조종사 사이의 교차 점검 및 상호 보완이 용이해진다

- 비행관리:**

지속적 비행 관리는 그 다음 순위이며, 여기에는 다음이 포함됩니다:

- ✓ 궤적과 비행경로
- ✓ 항공기 시스템(예: 연료관리, 목적지 변경관리, 등)
- ✓ 비상절차 및/또는 비정상 절차

glass-cockpit 항공기는 아래 표에 요약된 위 네가지 단계를 완전히 보조하도록 설계되었습니다.

기본 원칙	시현장치(Display Units)
조종(Fly)	PFD
항법(Navigate)	NAVD
의사소통 및 통신(Communicate)	COM/NAV systems
비행관리(Manage)	CAS, FMS

4.2.3 한사람은 항상 고개를 들고 있어야 한다.

FMS와 같은 시스템 관리는 특히 많은 시간이 소요됩니다. 안전한 비행을 위해서는 조종(조종 상실), 항법(CFIT), 통신 및 시각적 인식(충돌 방지)에 대한 효과적인 모니터링이 요구됩니다.



‘한 명은 고개를 들고/한 명은 고개를 숙인다’ (one head up/one head down)는 개념을 승무원 협조에 엄중하게 적용해야 합니다.

중요한 FMS 비행 계획 변경 조작은 PM이 수행한 후 PF가 교차 점검해야 합니다

4.2.4 1 차적 데이터(Raw data)를 활용한 FMS 정확도 교차 점검

항법보조신호 범위 내에서 FMS 항법 정확도를 항법보조신호의 1 차적 데이터와 교차 확인해야 합니다(항공기에 GPS가 장착되지 않은 경우).

FMS 항법 정확도는 다음과 같이 확인할 수 있습니다:

- 해당 FMS 페이지 bearing/distance 필드에 VOR-DME 주파수 입력
- FMS DIST TO 값과 PFD/NAVD의 DME 거리 비교

FMS 항법 정확도 요구 기준이 충족되지 못하면 항법보조신호의 1 차적 데이터를 참조하여 NAV에서 heading 모드로 전환합니다.

4.2.5 항상 적용 가능한 가이드스를 숙지.

APCP, 조종간 및 FMS 는 비행승무원이 항공기 시스템과 대화하는 주요 인터페이스입니다.
(목표 설정 및 모드 arm/disarm 또는 모드 engage/disengage).

PFD, 특히 FMA(Flight Mode Annunciator)와 NAVD 는 시스템이 승무원이 선택한 모드와 입력한 목표를 정확히 접수했는지 확인하기 위한 항공기와 승무원이 서로 대화하는 기본 인터페이스입니다.

PF 와 PM 은 항상 다음 사항을 알고있어야 합니다:

- 모드 준비(armed) 또는 실행(engaged)
- 가이드스 목표 설정
- 자세, 속도, 궤적에 대한 항공기 반응
- 모드 전환 또는 복귀

4.2.6 예상대로 반응하지 않을경우: 수동 조작으로 전환.

비행 경로 또는 속도 조절에 의심이 생길 경우, 승무원은 항공기 조종에 집중을 유지해야 하므로 곧바로 자동화된 시스템을 재설정해서는 안 됩니다.

비행 승무원은 항법보조시설의 1 차적 데이터와 함께 선택된 guidance 를 사용하거나 수동 비행을 해야하며, 여건이 허락 시 APCP 또는 FMS 를 재설정을 해야 합니다.

항공기가 의도한 비행 경로를 따르지 않을 경우, upper mode 실행 상태를 점검합니다.

가능하다면 의심되는 upper mode 를 해제하고 해당 모드를 수동 또는 그와 유사한 모드를 사용합니다(예: 헬리콥터가 잘못된 경로를 따라가는 것 같다면, NAV 에서 HDG 로 전환).

여전히 의문스럽거나 반응에 연관성이 없다면 APCP 또는 cyclic 스틱에 있는 해제 버튼을 눌러 upper mode 를 해제시키고 수동 비행(1 차적 데이터 참조)으로 전환합니다.

Upper mode 가 실행중일 때 수동 조작을 해서는 안됩니다

upper mode 작동 중 수동 조작이 필요하다면(예: 장애물 회피 또는 신속한 증속), 해제 버튼을 눌러 해당 시스템을 즉시 해제합니다. 그리고 가능하다면 upper mode(CRM 및 SOP 또는 single 또는 multi-pilot 운용 절차를 고려하여)를 부분적으로 또는 완전히 다시 실행 합니다.

항공기가 원하는 수직 경로/수평 비행 경로 또는 선택된 목표를 따르지 않고, 관찰한 증상을 분석하고 해결할 시간이 부족하다면, 서로 알려주고 지체없이 다음으로부터 전환 합니다:

- FMS guidance → 선택한 guidance(예: HDG 모드 등)로 전환
- 선택한 guidance → 수동 비행으로 전환

4.2.7 업무에 적합한 올바른 자동화 수준 사용

적절한 자동화 수준은 조종사가 그 업무나 현재 조건에 대해 편안하게 느낄 수 있는 상태이며, 항공기와 시스템에 대한 지식과 경험에 따라 차이가 있습니다.

현재 조건에 따라 수동 비행으로 복귀하는 것도 적절한 자동화 수준이 될 수 있습니다.

PF는 항상 업무에 가장 적합한 자동화 수준 및 가이드런스 수준을 선택할 수 있는 권한과 능력을 갖고 있는데 여기에는 다음이 포함됩니다:

- FMS 가이드 → 선택한 모드로 복귀하며 직접적 수준을 적용(선택한 모드와 목표)
- 더 적절한 수평 또는 수직 모드 선택

항공기 수직 및 수평 궤적을 직접 조절하기 위해 수동 비행으로 복귀



4.2.8 업무 분담 및 상호 보완 연습

업무 분담, 효과적인 교차 점검 및 상호 보완은 모든 지상, 정상 운용 또는 비정상/비상 상황 등 모든 비행 단계에서 수행되어야 한다.

비상절차, 비정상 및 정상 절차(정상 체크리스트)는 QRH(Quick Reference Handbook) 지침에 따라 수행해야 합니다.

4.3 정상운용 기본 원칙

4.3.1 자동화 선택

노선 운영 중, 특히 제한치에 가까운 기상 조건이나 낮선 지역으로 진입하거나 승객이 탑승한 경우에는 비행 전반에 걸쳐 upper mode 가 실행되어 합니다.

양호한 환경 조건이라면, 조종사는 비행 기량을 유지하기 위해 수동 비행 방법을 선택할 수 있습니다.

고도로 자동화된 항공기에서는 upper mode 가 올바르게 설정되고 실행되는지 확인하는 것이 중요합니다.

두 명의 조종사 모두가 아래 절차 수행에 참여해야 합니다:

- ACP 를 사용하여 비행 제원 사전 설정
- 설정값 교차 점검
- AFCS 모드를 실행(engage) 또는 준비(arm)
- FMA 에 올바른 모드가 실행(engaged)/준비(armed) 되었는지 확인
- 준비된(armed) 모드가 실행(engaged) 또는 해제(disarmed) 변경시 호창
- 실행된(engaged) 모드가 해제(disengaged)로 전환 시 호창
- 항공기가 예상대로 반응하는지 관찰

PM 은 PF 지시에 따라 모드를 설정하고 실행 할 수 있습니다.

4.3.2 자동화 기능 실행

upper mode 를 실행하기 전에 활성화된 모드가 원하는 데이터로 설정되어 있는지 확인해야 합니다. 설정되지 않은 경우에는 적절한 모드를 선택합니다.

4.3.3 자동화와 인터페이스

자동화와 상호작용 할 때, 모드 준비(arming)/선택 및 가이드스 목표 입력은 다음과 같은 사용 규칙을 준수해야 합니다.(운항 관련 이벤트의 운영적 요인 및 인적 요인 분석을 통해 교훈에서 파생된 규칙):

- 누가 조작할 것인가: PF 가 수동 조작 또는 PF 가 조종간 가까이에 손발을 대고 있는 상태로 자동화 운용(PF/PM 자동화 기능 모니터)
- ACP 또는 조종간을 조작하기 전에, 해당 노브(knob) 또는 푸시 버튼이 올바른 것인지 확인한다.
- ACP 또는 조종간을 조작 후, 조작 한 결과를 FMA 및 PFD/NAVD 에서 확인한다.
- SOP 에 정의된 표준 호창 절차에 따라 모든 변경 사항을 호창한다
- 강하 중, 선택된 고도가 MEA 또는 MSA 아래로 내려가지 않도록 한다.
- 강하를 시작하기 전에 도착을 위해 FMS 를 준비한다. 중요 비행 단계 동안(예: Helideck final 접근 또는 EMS 현장) FMS 를 재설정하는 것은 권장되지 않는다. 만약, 준비 되었다면 2 차적 비행 계획을 활성화하거나 새로운 접근 방식 선택은 가능하다.
- 경로 변경(예: DIR TO)시 DIR TO 실행하기 전 새로운 TO 웨이포인트를 교차 확인한다(TO 웨이포인트가 이미 지나친 지점이 아닌지 확인).
- NAV 모드를 실행하기 전에 FMS 및 NAVD 에 올바른 waypoint(TO waypoint)가 표시되는지 확인한다.

- APPR 모드 arming 전에 ILS 가 정확히 입력되었는지, 그리고 항공기가 다음과 같은지 확인해야 합니다
-
- ✓ ILS 캡처 범위안에 있는가(LOC and G/S 편차 심벌이 정확하게 시현되는가)
- ✓ 캡처 된 후 LOC가 헤딩 모드를 대체하는가
- ✓ 접근 인가는 발부되었는가

4.3.4 자동화 기능 감시

자동화 기능 감시는 조종석 디스플레이와 표시를 관찰하여 항공기 반응이 모드 선택 및 가이드스 목표 입력과 일치하는지, 그리고 항공기 자세, 속도 및 궤적이 예상과 일치하는지 확인하는 것입니다. 즉,

- capture 단계에서, 편류 심벌이 점차 가운데로 이동하는지 관찰(localizer 및 glideslope 캡처 중).

capture 단계 중 자동화 모니터링을 강화하면—가능하면 1 차적 데이터와 교차 점검—잘못된 capture 또는 부정확한 신호 capture(예: 정비중인 ILS 로부터 계속적인 G/S 신호 송출)를 조기에 감지할 수 있습니다. 그리고

- 요망 비행 경로 및/또는 속도로 회복된 이후, FMS 를 재설정하여 이상 징후를 분석하거나 수정해야 합니다.
- upper mode 가 의도치 않게 해제된 경우, 재실행 전에 두 번째 항법 정보(예: ILS 1 이 이전에 선택되었다면 ILS2 를 선택)를 실행하여 PF 업무량을 줄입니다. 또는 항공기가 올바른 비행 경로로 유지/재진입하고 고장 탐구와 재설정할 시간적 여유가 생길 때까지 항공기를 수동으로 조종합니다.



- 항공기가 요망 비행 경로 및/또는 속도를 따르지 않을 경우는 언제라도 주저없이 더 직접적인 자동화 수준으로 전환해야 합니다. 즉:
 - ✓ FMS 연동 모드 → 선택 모드(예: HDG 모드 등)로 복귀
 - ✓ 또는 upper mode 해제
 - ✓ 1차적 데이터 사용 하거나 시각비행(VMC 조건일 경우)으로 수동 조종

4.4 S비정상 및 비상 상황에서 특정 기본 원칙

다음 추가적인 원칙은 비정상적 또는 비상 상황에서 그리고 교범에 명시된 절차 범위를 벗어나는 조건이나 상황에 직면했을 때, 승무원 의사결정에 도움을 줄 수 있습니다.

4.4.1 행동 하기 전 전반적 상황 이해

올바르지 못한 결정은 종종 전반적인 상황을 잘못 인식하고 식별한 결과입니다.

4.4.2 리스크와 시간 압박 평가

서두르지 말고 시간을 가져야 합니다. 다음과 같이:

- 가능하다면 행동을 늦춥니다.(예: 이륙 및 최종 접근 시) 및/또는
- 홀딩 패턴으로 진입 요청 또는 벡터 순서를 지연 요청합니다(적절한 경우)

4.4.3 사용 가능한 옵션 검토 및 평가

우선적인 옵션을 선택할 때는 기상 조건, 승무원 준비상태, 비행장 근접성 및 자신감을 고려합니다. 필요에 따라, 옵션 평가에 모든 비행 승무원, ATC 를 포함시킵니다
우발상황에 대해 결정하고 계획하기 전에 모든 결과를 고려합니다.



4.4.4 상황에 맞는 대응

비상 상황은 즉각적인 조치를 필요로 하는 반면(성급한 조치가 아닙니다), 비정상 상황은 조치가 지연될 수 있습니다.

4.4.5 업무량 관리

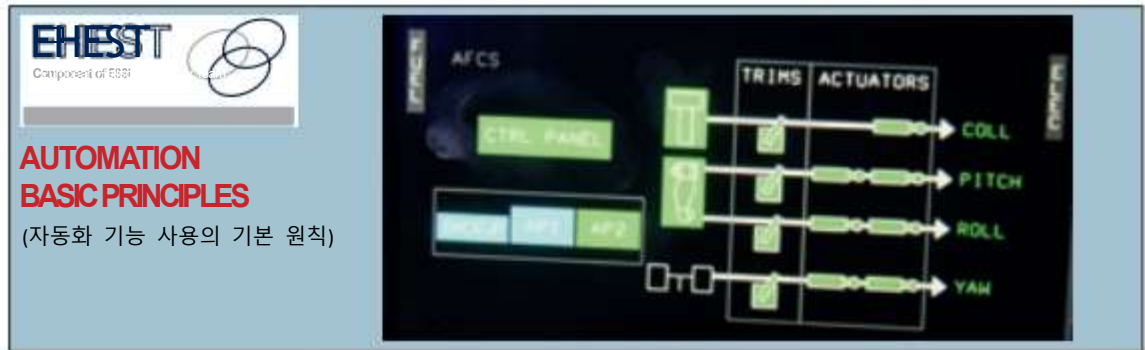
업무 및 상황에 맞는 올바른 자동화 수준을 사용합니다. 적절히 선택된 가이드를 사용하면 비정상/비상 상황에서 발생하는 업무량을 크게 줄일 수 있습니다

4.4.6 권장 절차 및 기타 합의된 조치사항 적용

행동하기 전에 그 이유와 결과를 이해합니다. 각 조치 사항 결과 확인 후 다음 단계로 진행합니다.

실행에 옮기면 되돌릴 수 없는 조작을 유념해야 합니다(행동하기 전에 엄중한 확인 및 교차 점검).

조종사는 반드시 제작사 자동화 정책, 회전익 비행 매뉴얼 및 기타 문서를 참고해야 합니다.



EHEST Component of EBSI European Helicopter Safety Team	기본 원칙
1	자동화 기능이 있는 항공기도 일반 항공기 처럼 비행할 수 있다
2	조종, 항법, 의사소통 및 통신 - 순서대로
3	한 사람은 항상 고개를 들고 있어야 한다
4	FMS 정확도 교차 점검
5	FMA 를 항상 이해 한다
6	예상되려 되지 않을경우- 수동으로 전환
7	업무에 따라 적절한 자동화 수준 사용
8	업무 분담과 상호 보완 연습

참고자료

EASA Safety Information Bulletin (SIB) No. 2010-33R1 Automation Policy - Mode Awareness and Energy State Management, issued 26 June 2015.

EASA Automation Policy Bridging - Design and Training Principles, May 2013.

Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Optimum Use of Automation, July 2006.

Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Operating Philosophy, September 2006.

Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Operations Golden Rules, January 2004.

Flight Operations Briefing Notes Airbus/Standard Operating Procedures/Standard Calls, March 2004

ICAO circular 234-AN/142, operational implications of automation in advanced technology flight decks, 1992.

EASA Safety Information Bulletin (SIB) No. 2010-33R1 Automation Policy - Mode Awareness and Energy State Management, issued 26 June 2015.

부록 1

EASA 는 비행기에 대한 다양한 SIB 를 발행했으며, 다수의 권고사항은 다음과 같이 적용할 수 있습니다 :

운항 사업자는 기업 문화, 항공기 및 운용 형태에 기반한 자동화 정책 제정을 권장합니다.

자동화 정책은 비행 절차가 포함된 운용 매뉴얼에 통합되어야 합니다.

비행 절차 중 한가지는 오토 파일럿 및 관련된 모든 자동화 사용과 연관되어야 합니다.

운항 사업자는 헬리콥터 제작사와 협력하여 자동화 정책 마련을 권장합니다.

자동화 정책은 특히 다음과 같은 주제를 다루어야 합니다:

- 철학(Philosophy)
- 자동화 수준(Levels of automation)
- 상황인식(Situational awareness)
- 의사소통 및 상호협력(Communication and coordination)
- 검증(Verification)
- 시스템 및 승무원 모니터링(System and crew monitoring)
- 업무량 및 시스템 사용(Workload and system use)

핵심 철학은 "**항공기 조종**"입니다. 이 원칙은 자동화 정책의 기초가 되어야 합니다.

운용 절차에 들어있는 각각의 자동화 정책 주제를 정기적으로 보완해야 합니다. 운용절차에는 비행 매뉴얼 비상 절차, 훈련 프로그램이 포함되어야 합니다. 그리고 지속적으로 안전을 개선하기 위해 자동화 정책과 관련된 운용 절차를 주기적으로 검토해야 합니다

부록 2

독자를 위한 참고 사항: 아래 시나리오는 H225 자동화 사용을 기반으로 합니다. 자세한 내용은 H225 FCOM 을 참조하십시오.

각 항공기는 특정한 upper mode 및 보호 기능과 관련된 특정한 설계를 가지고 있기 때문에, 자동화 사용을 위한 일반적인 시나리오를 만들 수 없습니다. 그러나 비행 단계에 따라 자동화와 상호작용하는 일반적인 철학은 이해할 수가 있습니다.

각 운영자는 고유한 자동화 SOP 를 마련해야 합니다. 다음 시나리오는 그 목표를 달성하는 데 도움이 될 수 있습니다.

예제 시나리오

- 운고 300 ft, 시정 500m, 바람 320/10kt, 강수 중인 비행장에서 CAT A(1 종 회전익항공기) 이륙
- SID: 활주로 방향을 유지하며 3000 ft AMSL 까지 상승
- 목적지는 offshore platform(해상 유전 시설)
- Airborn Radar Approach(ARA)를 이용한 offshore platform 착륙
- Offshore platform 에서 이륙
- 비행장으로 복귀(ILS 접근, 레이더 벡터링)

이륙 단계

이륙 전에 미리 설정할 upper mode 는 IAS 와 ALT. A. 이륙 후 ALT. A 를 실행하기 전에 사전 설정 값이 변경되지 않았는지 확인합니다. PF 와 PM 측에 시현 되는 ALT. A 가 일치하는지 확인합니다.

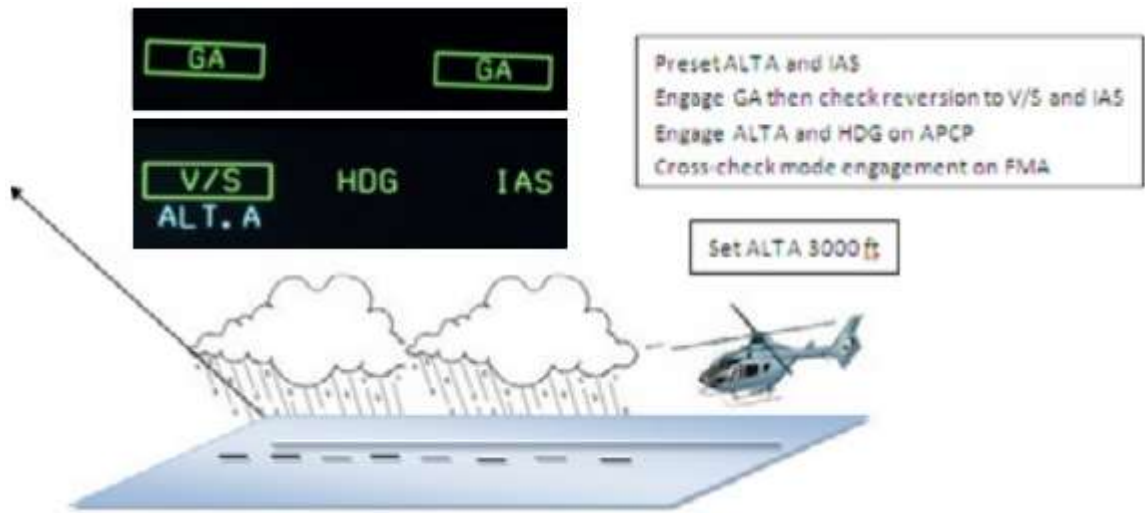
PF/PM 은 항공기가 요망 고도에서 안정될 때까지 상승(또는 하강)을 모니터링 합니다.

요망 고도에 도달하기 전에 호창을 하고 ALT 실행 및 이후 항공기 반응을 확인 합니다.

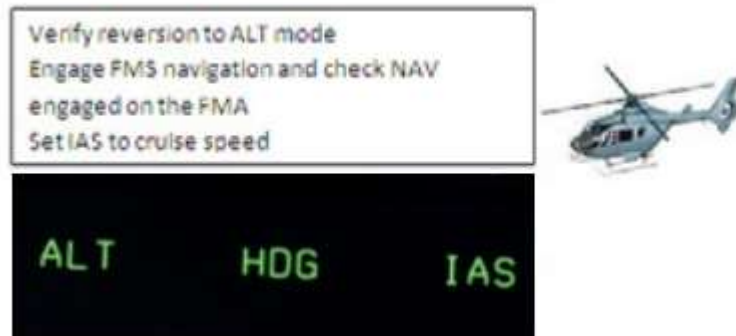
이륙 및 출발 시 사전 설정 값과 무관하게, GA 모드를 실행하여 수직 및 종축 모드에 우선순위를 부여해야 합니다. 이후 적절한 시점에 수평 모드를 실행해야 합니다

수직 및 수평 모드 사이에서 우선순위를 관리하고 V/S 및 IAS 사전 설정 시 실수를 방지하기 위해, 수동으로 비행할 수 있습니다.

비행 단계	PF Duties	PM duties
이륙 단계	ALTA, IAS 설정	설정값 확인
이륙결심지점(TDP) 이후	GA 실행, 조종간 가드(below 200 ft), 최대이륙동력(MTO) 적용을 위해 필요한 컬렉트 사용	컬렉티브, 피치 축 "GA engaged" 호창, 컬렉티브 축 V/S, 피치 축 IAS 로 복귀하는지 확인
안정된 상승 중	ALTA 설정값 확인 후 ALTA, 누름, 수평 모드 실행(HDG or NAV)	"ALTA armed" 호창 "HDG or NAV engaged" 호창



순항 비행



H225 표준 순항 동력은 4 축 모드가 실행된 상태에서 Maximum Continuous Power(MCP)입니다. 시스템은 오버 토크(예: 착빙 시)를 방지하기 위해 출력을 조절합니다

난기류 조건에서 오버 토크 gong("땡" 소리)이 한번 이상 작동할 경우, 일시적인 동력 초과 상태를 방지하기 위해 기류가 안정될 때까지 위해 IAS 를 감소합니다

그 외 경우에는 순항 비행시 IAS 를 해제하고 원하는 동력을 적용합니다.

(OEI 경우, 시스템은 자동적으로 4 축 모드로 복귀합니다.)

Airborne Radar Approach(ARA)를 이용한 해상 유전(offshore platform) 접근

- AFCS 종축 모드 사용

전반적인 비행은 IAS 가 실행되고 가급적 PF 가 사이클릭 beep trim 으로 해당 축을 조절해야 합니다. 2nm 이내로 접근 시 최소 IAS 는 60k, 최대 지면 속도는 70kt 입니다.

- AFCS 수평 모드 사용

OIP(Offset Initiation Point: 1.5nm)에 도달할 때까지 FMS 와 연동된 항법이 가능하지만 비행 경로는 기상 레이더와 NDB(해당되는 경우)를 사용하여 모니터링해야 합니다.

비행 경로가 원하는 FAT 에서 벗어날 경우 반드시 NAV(FMS) 모드를 HDG 로 전환해야 합니다.

- AFCS 수직 모드 사용

인가 받은 고도 또는 사전 허가된 고도 또는 MDH 로 강하시에는 항상 ALT.A 를 사용해야 합니다.

그리고 정확하게 설정되었는지 두 조종사는 교차 점검을 해야 합니다.

필요시 지속적인 강하를 위해 컬렉티브 trim 스위치로 V/S 를 조절해야 합니다(수직 속도는 CR.HT 모드가 실행된 상태에서는 조절 할 수 없음).

ALT.A 는 MDH 로 설정하거나 가장 가까운 50ft 단위로 반올림해야 합니다(예:MDA 620ft 이면 ALT.A 는 650ft 로 설정). ALT 가 캡처 된 후 필요시, 가급적 PF 에 의해 컬렉티브 beep trim 으로 ALT 인덱스를 조절할 수 있습니다.

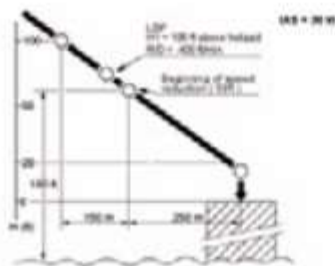
- Offset Initiation Point (OIP) → MAP 구간 AFCS 사용

OIP 에 도달하기 전에 활성 모드는 ALT, ANAV 또는 HDG 및 IAS 입니다. OIP 도달하기 전 PM 은 HDG 을 실행해야 합니다. 안전한 착륙을 위해서 수동비행으로 전환할 수 있도록 시각적 참고점을 유지한 상태에서 활성화된 모드를 유지하는 것이 권장됩니다

FMS 에서 구간 불연속(leg discontinuity) 또는 대해 항로를 설정해두면 실패 접근 시 도움이 될 수도 있습니다

- 착륙시 AFCS 사용

MAP 에서 Helideck 까지는 ALT-HDG-IAS 가 실행된 상태에서 4 축 upper mode 로 조작해야 합니다. 안전한 착륙을 위해서 수동비행으로 전환할 수 있도록 시각적 참고점을 유지하며 beep trim 으로 ALT, HDG 및 IAS 를 조절합니다.



Set ALTA to MDH, Cross-check mode engagement on FMA
 From OIP to MAP: Cross check ALT, HDG and IAS upper modes engaged
 From MAP to helideck: when visual cues are obtained, disengage upper modes, hand flying



비행단계	PF 임무	PM 임무
OIP 이전	IAS (60 kt 이상), ALTA(MDH) 설정 ALTA arm	설정값 확인 "ALTA armed" 호창 ALT 모드로 복귀되는 지 확인 "ALT engaged" 호창
OIP → MAP	HDG Engage	"HDG engaged" 호창
MAP → helideck	시각 참고점이 확인되면, upper modes disengage	"upper modes disengaged" 호창

해상 유전(offshore platform) 이륙



이륙 및 출발 시 사전 설정값과 무관하게, GA 모드를 실행하여 수직 및 종축 모드에 우선순위를 부여해야 합니다. 이후 적절한 시점에 수평 모드를 실행해야 합니다

수직 및 수평 모드 사이에서 우선순위를 관리하고, V/S 및 IAS 사전 설정 시 실수를 방지하기 위해 수동으로 비행할 수 있습니다.

비행 단계	PF 임무	PM 임무
이륙 전	IAS and ALTA 설정	설정값 확인
5 feet 하버링, 로터 팁이 helideck 끝단에 위치	GSPD 실행(Engage)	"GSPD engaged" 호창
이륙(상승률 400 ~ 500 fpm)	Rotation Point (RP) 15° nose down deck edge 에서 벗어난 후, GA 누름, 적절한 nose down, MTOP 적용 확인을 위해 조종간 가드(below 200 feet)	"GA engaged" on collective and pitch 호창 컬렉티브 축 V/S 피치 축 IAS 모두 복귀 확인
상승 단계	ALTA, 누름, 수평 모드 engage (HDG or ANAV)	"ALTA armed" 호창 "HDG or ANAV engaged" 호창

LS 접근

- AFCS 수직 모드 사용

인가 받은 고도 또는 사전 인가된 고도 또는 flight level 로 강하 시에는 항상 ALT A 를 사용해야 합니다. 그리고 정확하게 설정되었는지 교차 점검을 해야 합니다

MSA 까지 강하 후 ILS 진입 요망 고도 조절을 위해서 ALT.A 를 사용해야 합니다. ALT 캡처 후 필요시, 300ft 이내 고도 변경은 가급적 PF 가 컬렉티브 beep trim 스위치로 조절할 수 있습니다.

- AFCS 수평 모드 사용
arrival, holding pattern, IAF 까지 항법 그리고 missed approach 는 FMS 데이터와 연동된 NAV 모드로 비행해야 합니다.

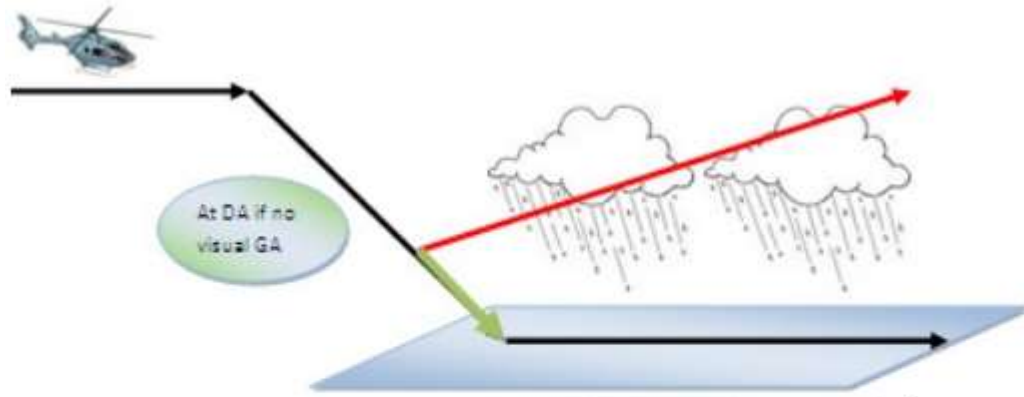
- AFCS 종축 모드 사용
전체적인 접근은 IAS 를 적용한 상태에서 수행되어야 합니다. 최종 접근 구간에서, ATC 로부터 별도 요청이 없다면 권장 IAS 는 CAT A 접근 시 100 knots, CAT H 접근 시 90 knot 입니다.

- Straight in 착륙을 위한 DA(결심고도) 도달 후 AFCS 사용
DA 에 도달 시 활성 모드는 GS, LOC 및 IAS 입니다. 항공기가 지면에 근접함에 따라 시각 참고점이 확인됩니다.

그러나, 주요 변수가 RVR 이기 때문에, 상황인식이 소홀해지면 시정 저하 환경(DVE)이 발생할 수 있습니다. 따라서 활성화된 모드를 유지하고 안전한 착륙을 위해 수동 비행으로 전환할 수 있도록 시각 참고점을 유지하고, 100ft 상공에서 사이클릭 beep trim 으로 IAS 를 약 40 knot 로 줄이는 방법이 권장됩니다.

약시정 상황(폭우, 야간 등)시 GS, LOC, IAS 모드로 80 피트 상공까지 진행할 수 있습니다. 80ft 에서 ALT 가 자동으로 작동하고 80ft AGL 수평비행이 됩니다. ALT, LOC, IAS 모드로 진행하고, ALT 는 컬렉티브 beep trim 으로 30ft AGL(최소 ALT)까지 내릴 수 있습니다. 자동 하버링으로 전환하기 위해서 GSPD 를 실행할 수 있습니다.

비행 단계	PF 임무	PM 임무
IAF 도달 전	ATC 인가에 따라 ALTA 설정 후 engage ALT.A NAV coupled to FMS 모니터	"ALTA armed", ALT로 복귀 호창 'ALT engaged' 호창 NAV coupled to FMS 모니터
IAF ~ DA	ILS coupled, LOC, G/S armed then engaged 확인	"Loc and G/S armed" 호창 "Loc engaged" 호창 "G/S engaged" 호창
DA 통과 후	시야 불량할 경우, ALT 모드로 복귀되는지 확인 적절한 ALT, IAS 설정 runway threshold 에서, engage GSPD	"ALT engaged" 호창 "GSPD engaged" 호창



V/S	HDG	IAS
ALT. A		
ALT	HDG	IAS
G/S1	LOC1	
G/S1	LOC1	IAS

No visual at DA, GA procedure

Poor visual cues at DA, continue

GA	GA
----	----

ALT	GTC. H	GTC.
-----	--------	------

V/S	HDG	IAS
ALT. A		

부록 3

AFCS 제어패널 예시:



pilot, co-pilot FNDs 상단에 시현된 FMA 정보:

	Collective axis	Yaw/Roll axis	Pitch axis
실행 또는 캡처 된 모드 (Modes engaged or captured)	XXX	XXX	XXX
준비된 모드(Modes armed)	XXX	XXX	XXX

NOTES



Lined area for taking notes, consisting of 20 horizontal lines.



판권 기재사항

면책선언:

이 안내서 명시된 견해는 전적으로 유럽 헬리콥터 안전팀(EHEST)의 책임입니다. 제공되는 모든 정보는 일반적인 성격에 지나지 않으며 특정 개인 또는 법인의 고유한 상황을 다루기 위한 취지는 아닙니다. 본 안내서의 유일한 목적은 수용 가능한 준수 수단 또는 지침 자료를 포함한, 공식적으로 채택된 법률 및 규제 조항의 지위에 어떠한 방식으로도 영향을 미치지 않으며 지침을 제공하는 것입니다. 본 안내서는 유럽 헬리콥터 안전팀 참여자 또는 제휴 기관에 대한 법적 구속력, 보증, 대표, 사업, 계약 또는 기타 모든 형태의 의무사항으로 의도된 것이 아니며 의존해서는 안 됩니다. 그러한 권고사항 채택은 자발적인 약속 대상이며, 이러한 조치를 승인하는 자의 책임에만 결부되어 있습니다. 따라서 유럽 헬리콥터 안전팀과 참여자 또는 제휴 기관은 본 안내서에 포함된 정보나 권고의 정확성, 완전성 또는 유용성에 대해 어떠한 보증도 명시하거나 암시하지 않으며 어떠한 책임도 지지 않습니다. 법이 허용하는 범위 내에서, 유럽 헬리콥터 안전팀과 그 참여자 또는 제휴 기관은 본 안내서의 사용, 복사 또는 게재로 인한 또는 그와 관련하여 발생하는 모든 종류의 손해, 기타 청구 또는 요구에 대해서 책임을 지지 않습니다.

사진 크레딧:

Cover picture: Airbus Helicopters.

Document pictures: Airbus Helicopters, AugustaWestland, EASA.

문의 연락처:

European Helicopter Safety Team

E-mail: ehest@easa.europa.eu, www.easa.europa.eu/essi/ehest

다운로드:

EHEST HE 1 Training Leaflet - Safety considerations

<http://easa.europa.eu/HE1>

EHEST HE 2 Training Leaflet - Helicopter airmanship

<http://easa.europa.eu/HE2>

EHEST HE 3 Training Leaflet - Off airfield landing site operations

<http://easa.europa.eu/HE3>

EHEST HE 4 Training Leaflet - Decision making

<http://easa.europa.eu/HE4>

EHEST HE 5 Training Leaflet - Risk Management in Training

<http://easa.europa.eu/HE5>

EHEST HE 6 Training Leaflet - Advantages of simulators in Helicopter Flight Training

<http://easa.europa.eu/HE6>

EHEST HE 7 Training Leaflet - Techniques for Helicopter Operations in Hilly and Mountainous Terrain

<http://easa.europa.eu/HE7>

EHEST HE 8 Training Leaflet - The Principles of Threat and Error Management (TEM) for Helicopter Pilots, Instructors and Training Organisations

<https://easa.europa.eu/HE8>



September 2015

EUROPEAN HELICOPTER SAFETY TEAM (EHEST)

Component of ESSI



European Aviation Safety Agency (EASA)

Strategy & Safety Management Directorate
Ottoplatz 1, 50679 Köln, Germany

Mail ehest@easa.europa.eu

Web www.easa.europa.eu/essi/ehest

