

# OO 다기능 레이더 고출력 송신시스템 냉각유(PAO) 누유에 따른 시스템 영향성 연구

이승철<sup>1\*</sup>, 정원용<sup>2</sup>, 박창인<sup>2</sup>, 권민재<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>한화시스템

## A study on the effect following PAO leakage in High Power Transmission system, Multi Functional Radar

Seung-Chul Lee<sup>1\*</sup>, Won-Yong Jeong<sup>2</sup>, Chang-In Park<sup>2</sup>, Min-Jae Kwon<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Defense Agency for Technology and Quality,  
<sup>2</sup>Hanwha Systems Co.,Ltd

**요약** 다기능 레이더(MFR: Multi Functional Radar)의 고출력 송신시스템(HPTS: High Power Transmission System)에는 하위 시스템과 슬립링로터리조인트(SRJA: Slipring Rotary Joint Ass'y)를 보호하기 위한 냉각 메커니즘이 있다. 다기능 레이더가 고출력 송신 시 일부 구성품들은 약 100℃ 이상의 고온 상태를 유지한다. 시스템의 온도를 안정적으로 유지시키기 위하여 고출력 송신장치(HPTU: High Power Transmission Unit)의 액체냉각장치(LCU: Liquid Cooling Unit)는 냉각유(PAO: Poly Alpha Olefin)를 순환시켜 시스템을 냉각시킨다.

다기능 레이더의 야전 배치 수량이 증가하고 사용연한이 증가함에 따라 PAO 미세누유 식별이 증가하고 있다. PAO 누유로 인한 문제를 해결하려면 고출력 송신시스템의 하위 시스템을 해외에 있는 제조업체에 보내야 하는데 그로 인해 오랜 수리기간동안 공군 방공시스템의 공백이 발생하게 된다.

이 문제를 해결하기 위해 PAO 누유에 따른 영향성을 전기적 영향성, 냉각능력 영향성, 시스템 영향성에 따라 분석하였다. 또한, 현장에서는 신속하고 정확한 누유량 측정 및 누유수준을 판단하는데 어려움이 있으므로 영향성 분석결과를 고려하여 냉각유 누유 문제를 다루는 합리적인 조치 방안을 제시하였다.

**Abstract** The high power transmission system(HPTS) of the multi-functional radar(MFR) has a cooling mechanism to protect the subsystem and the Slipring Rotary Joint Ass'y(SRJA). When MFR transmits high power, some components maintain a high temperature of about 100℃ or higher. In order to keep the temperature of the system stable, the liquid cooling unit (LCU) of the high power transmission unit (HPTU) circulates the cooling oil (PAO: Poly Alpha Olefin) to cool the system.

As the number of deployments of MFR increases and the service life increases, PAO micro-leak identification is increasing. To solve problems caused by PAO leakage, the subsystem of the HPTS must be sent to a foreign manufacturer, which creates vulnerabilities in the air defense system for the long period of repair.

In order to solve this problem, the influence of PAO leakage was analyzed according to the electrical influence, the influence of the cooling capacity, and the influence of the system. In addition, since it is difficult to quickly and accurately measure the amount of leakage and determine the level of leakage in the field, a reasonable action plan to deal with the problem of PAO leakage was suggested according to the impact analysis results.

**Keywords** : Multi Functional Radar, High Power Transmission System, Cooling Mechanism, Poly Alpha Olefin(PAO), Leakage

\*Corresponding Author : Seung-Chul Lee(Defense Agency for Technology and Quality)

email: altitudes@daq.re.kr

Received June 30, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised July 19, 2021

Published August 31, 2021

## 1. 서론

한국형 중거리 지대공 유도무기체계 ‘OO’의 부체계인 ‘다기능 레이더’는 고출력의 RF신호를 생성하여 안테나를 통해 빔을 방사, 표적의 탐지/추적을 수행하는 장비이다. 다기능 레이더가 보유한 고출력 송신시스템(High Power Transmission System)은 파형발생장치에서 생성된 신호를 고출력의 RF신호로 변환하는 ‘고출력 송신장치(HPTU)’, RF신호를 회선체인 안테나로 전송하는 ‘슬립링로터리조인트(SRJA)’, 고출력 송신 시 구성품에서 발생하는 열을 냉각시키기 위한 ‘액체냉각장치(LCU)’ 등으로 구성된다.

다기능 레이더의 고출력 송신 시 일부 구성품들은 약 100℃ 이상의 고온 상태를 유지하며, 해당 구성품을 냉각시키기 위해 액체냉각장치는 지속적으로 냉매(PAO)를 순환시켜 발열을 제어한다. 원활한 냉각이 이루어지지 않아 구성품 발열이 제어되지 않는 경우에는 송신출력의 감소 등과 같은 성능 저하가 발생할 수 있으며, 심한 경우 구성품 고장을 유발하는 등 장비의 치명적인 결함이 발생될 수 있다.

이처럼 냉각기능은 고출력 송신시스템의 매우 중요한 요소이지만 액체냉각장치 PAO의 누유와 같은 특이사항이 발생했을 때 그 조치를 수행하는데 있어서는 큰 제한사항이 존재한다. PAO를 공급하는 액체냉각장치 뿐 아니라 고출력 송신장치, 슬립링로터리조인트도 구성품 내부에 냉각라인(Cooling path)을 가지므로 PAO 누유 발생 가능성이 존재하며, 이 구성품은 창정비 품목으로 입고 정비시 약 2주간의 정비기간이 소요되어 전력공백의 문제점을 가지고 있다.

현재까지 PAO 누유로 인한 입고정비 수행이력은 없었으나, 야전에 배치된 다기능 레이더의 수가 증가하고 사용연한이 늘어남에 따라 몇몇 포대에서는 PAO의 미세 누유가 식별되고 있다. 해당 현상은 소요군, 업체간 일정 조율 후 입고정비를 통해 조치될 예정이지만 정비기간 동안 발생할 수 있는 소요군의 전력화 공백이 우려되는 것은 사실이다.

따라서 본 연구에서는 고출력 송신시스템에서 PAO누유가 시스템에 미치는 영향을 분석하고자 한다. PAO 누유가 발생할 수 있는 지점과 누유량에 따라 시스템에 미치는 영향을 분석하여 누유수준에 따른 조치의 시급성을 식별하여, 추후 발생가능한 다기능 레이더 PAO의 누유에 대한 조치의 우선순위를 결정하고 누유수준에 따른 합리적인 조치방안을 제안하여 소요군의 전력화 공백 최

소화 및 소요군의 원활한 장비운용에 기여하는 것이 본 연구의 목적이며 연구절차는 Fig. 1과 같다.

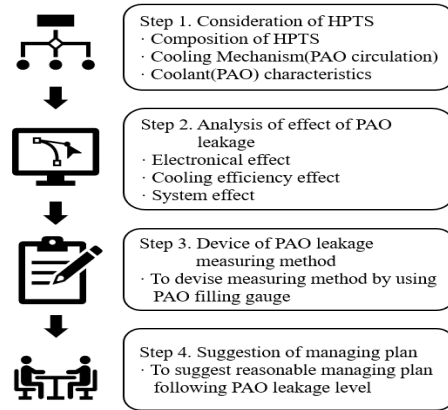


Fig. 1. Conceptual diagram of research procedure

## 2. 고출력 송신시스템 냉각방식

### 2.1 고출력 송신시스템 냉각방식

OO다기능 레이더 고출력 송신시스템의 주요 구성품은 Table 1과 같다.

Table 1. Configuration and role of high-power transmission system (HPTS)

Components		Role
Liquid Cooling Unit (LCU)	PAO Tank	PAO storage and replenishment
	Pump	Suction and discharge for PAO circulation
	Heater	PAO heating for smooth circulation in cold weather
	Filter	PAO impurity removal
Oil/Air Exchanger (OAE)		Device for dissipating PAO heat into the atmosphere
High Power Transmission Unit (HPTU)		High output RF signal generation
Slipring Rotary Joint Ass'y (SRJA)		High-power RF signal transmission path

고출력 송신시스템의 냉각방식(Cooling Mechanism)은 Fig. 2와 같이 액체냉각장치로부터 공급되는 PAO의 순환으로 수행된다. 액체냉각장치는 PAO를 열교환장치(OAE)로 보내고 열교환장치를 통해 냉각된 PAO가 필터를 거쳐 고출력 송신장치 및 슬립링로터리조인트로 이동

하여 냉각수행 후 다시 액체냉각장치로 이동하는 일련의 과정이 반복된다[1].

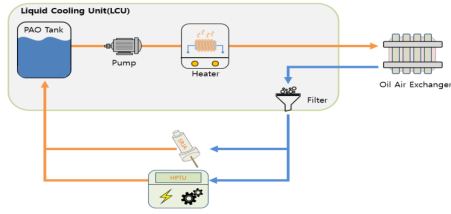


Fig. 2. Cooling mechanism of HPTS

## 2.2 냉매(PAO) 특성 및 용량

고출력 송신시스템에 적용된 냉각방식의 냉매는 합성유인 Poly Alpha Olefin(PAO)으로 'Nycodiel 社'의 제품을 사용하며 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. PAO main characteristics (Nycodiel-01)

Characteristic		MIL-PRF-87252C Limit	Remark
Flash point	161 ℃	min. 150	
Fire point	176 ℃	min. 160	
Dielectric strength	60 kV	min. 35	
Resistivity	$1.2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$	-	@25 ℃

적용된 PAO는 냉각유체 관련 MIL 규격인 'MIL-PRF-87252C'를 만족하는 제품이며 저항률은  $1.2 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 으로 전도성이 없는 부도체이다.

PAO의 온도에 따른 비체적은 장비운용 온도범위(-30 ℃ ~ 50 ℃)에서  $1.2065 \text{ m}^3/\text{kg}(@-30 \text{ ℃}) \sim 1.2903 \text{ m}^3/\text{kg}(@50 \text{ ℃})$ 이며 온도에 따라 약 7%까지 부피변동이 있으므로 누유에 따른 영향성 분석 시 온도조건을 감안할 필요가 있다.

Table 3. HPTS PAO Capacity

Components	Volume (ℓ)	Remark
Liquid Cooling Unit (LCU)	40.73	
Oil/Air Exchanger (OAE)	24	
OAE inlet/outlet pipe	3.36	The figure is calculated considering the pipe diameter and length
LCU inlet/outlet pipe	1.9	
SRJA/HPTU inlet/outlet pipe	0.46	
Slipring Rotary Joint Ass'y (SRJA)	0.5	
High Power Transmission Unit (HPTU)	30	
Total volume	100.95 ℓ	

kg(@50 ℃)이며 온도에 따라 약 7%까지 부피변동이 있으므로 누유에 따른 영향성 분석 시 온도조건을 감안할 필요가 있다.

고출력 송신시스템에 적용된 PAO의 양은 Table 3과 같으며 약 101 ℓ의 PAO가 고출력 송신시스템의 전체를 순환하며 냉각을 수행한다. 상온(25 ℃) 기준으로 PAO가 약 6.4 %(6.5 ℓ) 소실되면 PAO Tank의 수위 저하로 PAO 'Low Level Alarm'이 발생하게 된다.

## 3. PAO 누유 영향성 분석

### 3.1 전기적 영향성 분석

고출력 송신시스템에서 PAO의 누유는 구성품 간의 냉각경로(구성품 inlet/outlet PAO Pipe) 혹은 구성품 (OAE, LCU, SRJA, HPTU 등) 내의 냉각경로에서 발생이 가능하다. 실제 현재까지 배치된 다기능 레이더의 PAO 누유 사례는 Fig. 3과 같이 고출력 송신장치(HPTU)와 슬립링로터리조인트(SRJA) 구성품 내의 냉각 경로에서 식별되었다.

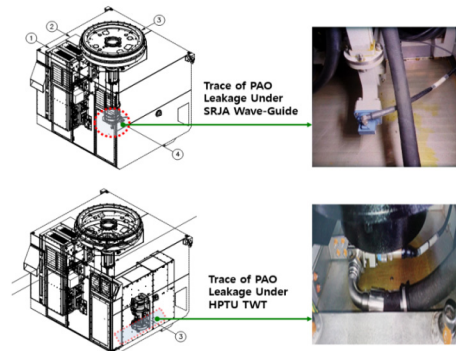


Fig. 3. PAO leakage of HPTS

구성품 간의 냉각경로(PAO Pipe)의 경우 RF송신라인 및 피(被) 냉각체(전자장비인 HPTU 하위 구성품 : TWT, 고전압 전원공급장치 등)와 물리적으로 분리(Isolation)되어 있으므로 누유가 발생하여도 타 구성품에 영향을 주지 않는다. 구성품 내 냉각경로의 경우에는 냉각경로가 피 냉각체(HPTU의 하위 구성품)와 맞닿아 있는 구조이므로 냉각경로에서 누유가 발생하면 PAO와 피 냉각체의 전자부(電子部)간 접촉이 발생할 수도 있다. 하지만 접촉이 발생하더라도 PAO의 경우 전도성이 매우 낮은 부도체로서 전자장비 단락(Short) 등 타 장비에 대

하여 전기적인 영향을 주지 않는다. 또한 고출력 송신시스템의 운용 시에는 PAO에 대한 절연 테스트가 지속적으로 이루어지며, PAO의 절연 특성이 저하될 경우 'PAO Resistivity Fault'가 전시 되므로 정상 장비 운용시 PAO의 절연성은 보장된다.

### 3.2 냉각능력 영향성 분석

다기능 레이더 고출력 송신시스템의 액체냉각장치는 피(被) 냉각체로 인입되는 냉각유를 설정된 온도로 일정하게 유지할 뿐, 피 냉각체의 온도에 따라 냉각유의 온도를 조정하지 않는다. 냉각유 토출펌프 또한 단순 On/Off 기능을 가지며 토출량을 조절할 수 없다. 이는, 액체냉각장치가 고출력 송신장치의 열을 PAO가 흡수하여 PAO의 온도가 상승하지만 지속적인 순환으로 PAO를 일정 온도로 유지하는 구조이기 때문이다. 만약, PAO순환이 둔화(유속 감소)되면 PAO가 피냉각체 주변에서 체류하는 시간이 증가하고 온도가 상승하게 된다[2].

냉각속도는 물체(피냉각체)와 주변 온도(PAO온도)의 차이에 비례한다는 뉴턴의 냉각법칙  $\frac{dT}{dt} = -k(T - T_r)$ 에 따라 피냉각체(T)의 온도가 일정하다는 전제하에 PAO온도( $T_r$ )에 따라 결정된다. 즉, PAO의 온도는 PAO의 유속과 반비례 관계이므로 PAO의 누유에 따른 냉각능력의 영향성은 PAO 유속(Flow rate)의 변화를 측정함으로써 판단할 수 있다.

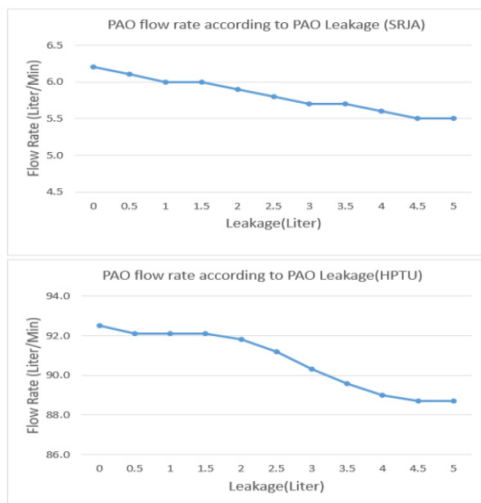


Fig. 4. PAO flow rate according to PAO leakage

고출력 송신시스템에서는 유속센서가 부착되어 항상 PAO의 유속을 체크할 수 있으므로, PAO 누유량에 따른 유속의 저하를 실험적으로 관측하였다. 유속측정은 유속센서가 부착된 HPTU, SRJA 두 구성품의 PAO 인입부에서 이루어졌으며, 누유 상태를 모사하기 위하여 PAO Tank에서 누유량 만큼의 PAO를 드레인하고 PAO가 순환한 후(장비 가동 1분 경과 時) 유속을 측정하였다. 측정결과는 Fig. 4와 같다.

측정결과 누유량이 증가함에 따라 PAO 유속의 감소는 나타나지만 감소되는 유속은 각각 0.7 l/min (@SRJA), 3.8 l/min(@HPTU) 수준으로 급격한 변화는 보이지 않았다. 비교적 많은 양(5 l 이상)의 누유상태를 모사하였음에도 유속 저하의 최대 수준은 4.1 % ~ 11.3 % (11.3 % @SRJA, 4.1 % @HPTU)였다.

누유량에 따른 유속의 저하가 측정되었으므로 누유량에 따른 냉각능력의 저하 역시 존재함을 알 수 있다. 하지만 최대 5 l의 누유상태에서도 측정된 PAO 유속이 고출력 송신장치의 냉각능력 보장을 위해 규정된 PAO 유속에 대한 규격(5 l/min 이상 @SRJA, 88 l/min 이상 @HPTU)을 충족하므로 냉각능력의 저하가 발생하더라도 시스템에 영향을 주지 않는 수준임을 확인할 수 있다. 다만 누유량이 5 l 일 때, HPTU PAO 인입부의 PAO 유속은 88.7 l/min으로 규격에 대한 마진이 0.7 l/min에 불과하므로 5 l를 초과하는 누유 조건에서는 규격(88 l/min)이하의 PAO 유속이 측정될 수 있다.

결론적으로, PAO 누유는 고출력 송신시스템의 냉각능력의 저하를 유발할 수도 있다. 하지만, 실제 야전에서 나타나는 일반적인 누유수준(20 ml/일 @HPTU)과 PAO 수위 점검주기(30일)를 고려할 때, PAO누유에 따른 냉각능력의 저하가 현실적으로 시스템에 영향을 줄 가능성은 낮다. 다만 다량의 누유(총 누유 5 l 초과, 167 ml/일 수준)가 발생한다면 냉각능력의 저하로 고출력 송신시스템 성능에 영향을 미칠 수 있다.

### 3.3 시스템 영향성 분석

고출력 송신시스템은 PAO누유로 인한 PAO Tank의 PAO 잔존용량이 감소할 경우 'PAO Low Level Alarm'이 전시되어 송신이 차단된다. 따라서 PAO 누유의 전기적 영향성, 냉각능력에 대한 영향성이 없더라도 누유에 따른 PAO의 소실이 누적되면 고출력 송신시스템이 운용 불가 상태로 전환된다.

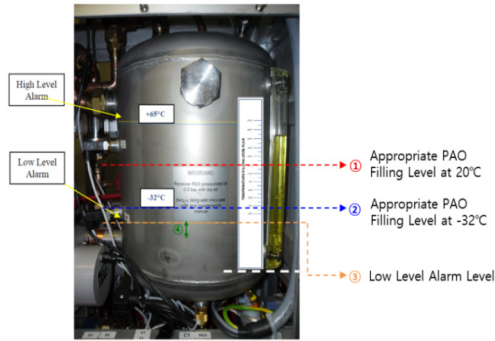


Fig. 5. PAO tank shape and level difference according to temperature

상온(20 ℃) 기준 PAO Tank의 적정 PAO 수위 Fig. 5 ①에서 다기능 레이더 운용온도(-32 ℃~+50 ℃)를 고려할 때 PAO는 최대 6.31 cm의 수위저하가 발생할 수 있다. 발생 가능한 최저 수위에서 Low Level Alarm 발생 기준 수위까지의 여유는 3 cm이며, PAO Tank의 면적과 여유 수위(3 cm)로 체적을 계산하여 PAO 누유에 따른 Low Level Alarm 발생에 대한 여유치를 계산할 수 있다.

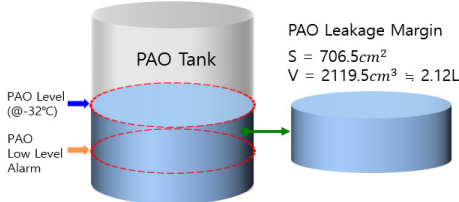


Fig. 6. Calculation of PAO leakage margin

Fig. 6과 같이 -32 ℃의 PAO 온도를 기준으로 Low Level Alarm에 대한 PAO 누유로 인한 소실의 여유치는 약 2.12 ℓ이다. 산출된 여유치는 PAO의 온도기준을 다기능 레이더 운용환경 중 가장 저온상태로 가정할 값으로 실제 고출력 송신시스템의 운용환경(셸터 내 운용, PAO heater 가동 등)을 고려할 때 매우 보수적으로 산출되었다.

시스템영향성 관련 PAO 누유에 대한 여유치(약 2.12 ℓ)와 고출력 송신시스템 냉각유 점검(PAO 수위점검 등) 주기(30일)를 고려하면 'Low Level Alarm'이 발생할 수 있는 PAO의 누유수준을 계산할 수 있다. PAO 누유의 관측시기와 관계없이 PAO의 누유가 가장 오랜 기간(냉각유 점검주기 1개월, 30일) 누적됨을 가정했을 때, 관측 시점의 누유가 하루 최소 70 ml 이상이면 30일간 누적

시 PAO 누유에 대한 여유치(2.12 ℓ)와 근접한 수준에 도달한다.

따라서, PAO 누유에 대한 여유치(2.12 ℓ) 이상의 누유가 발생하려면 최소 하루 70ml 이상의 누유수준이 필요하며 이는 충분한 안전마진이 고려된 수치이다. 언급했듯이 'Low Level Alarm' 발생 시에는 고출력 송신차단에 의해 다기능 레이더 장비 운용이 불가하므로 산출된 누유수준(70 ml/일) 이상의 누유 관측 시 고출력 송신시스템 PAO 누유 관련 즉각적인 조치가 필요하다.

### 3.4 PAO 누유 영향성 분석 결과

고출력 송신시스템의 PAO 누유로 인한 영향성 분석 종합결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Analysis result of effect of PAO leakage in HPTS

Division	Effect of PAO leakage	Threshold of PAO leakage
Electrical effect	No effect (Insulation of PAO is guaranteed in the system)	-
Cooling efficiency effect	Cooling efficiency could be decreased by lower PAO flow rate.	5 ℓ (167 ml/Day)
System effect	Low Level Alarm could be occurred by low PAO level in tank.	2.12 ℓ (70 ml/Day)

Result, over 2.12 ℓ PAO leakage causes Shut-Down of HPTS

## 4. PAO 누유량의 측정

본 연구를 통해 고출력 송신시스템 운용에 영향을 주는 누유수준(냉각능력 저하 : 167 ml/일, Low Level Alarm : 70 ml/일)을 식별하였다. 하지만 누유상황에서 누유량을 측정, 누유수준을 판단하는 데에는 어려움이 있으므로 본 장에서는 근사적으로나마 누유수준을 판단할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

PAO Tank는 PAO의 보충 시 적정한 양의 PAO가 보충되도록 'PAO Filling Gauge'가 Fig. 7과 같이 부착되어있다. PAO Filling Gauge는 온도에 따라 밀도가 변하는 PAO의 특성을 고려하여, PAO 보충 시 온도에 맞춰 적절량의 PAO를 주입하기 위한 Gauge이다. Gauge의 눈금은 온도단위이며, PAO 소실에 그 수위가 변화하므로 누유에 의한 PAO 소실을 측정하는 데에도 활용이 가능하다.

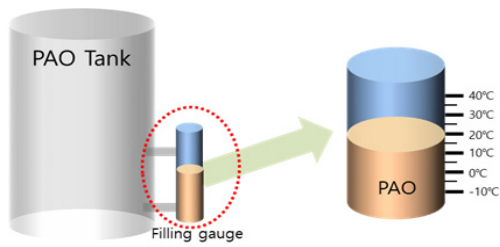


Fig. 7. Filling gauge shape and scale

PAO 누유량과 PAO Filling Gauge의 수위저하의 관계는 실험을 통해 측정하였으며, 상세 시험 조건은 Table 5와 같다.

Table 5. Test Condition

Division	Value	Remark
Temperature / Humidity	21℃ / 45%	General environment of operating HPTS.
Test method	To measure PAO filling gauge level while draining it from tank every 500ml when HPTS running.	No special tools or measuring equipment needed.

실험 결과 장비운용 시 일반적인 PAO의 온도범위(20℃ ~ 25℃)에서 PAO 소실량 500 ml 당 PAO Filling Gauge의 눈금이 약 5℃ 씩 선형성을 띄며 감소하는 것을 확인하였다.

따라서 시스템에 영향을 주는 누유수준(70 ml/일)은 하루 PAO Filling Gauge 수위의 0.7℃ 감소를 의미한다. 눈금의 단위(5℃)로 인해 0.7℃의 수위저하를 식별하는 데에는 어려움이 있지만 일주일간 누적된 수위의 저하량이 5℃에 도달하면 PAO의 누유수준이 70 ml/일에 미치는 것으로 판단이 가능하다.

### 5. 결론

고출력 송신시스템에서 발생할 수 있는 PAO의 누유에 대한 영향성 분석결과, PAO의 절연특성으로 인해 누유에 따른 전기적인 영향성은 없으며, 냉각능력의 관점에서 고출력 송신시스템에 영향을 줄수 있는 누유량은 하루 167 ml/일 수준이다. 이는 일반적인 상황에서는 발생하기 어려운 누유수준으로 시스템 영향성 분석 결과 'Low Level Alarm'의 발생을 야기할 수 있는 누유수준(70 ml)를 크게 상회하는 수치이다. 따라서 실제 PAO 누유에 따

른 시스템 영향성은 'Low Level Alarm' 발생에 한해 나타나는 것으로 결론 내릴 수 있다.

분석결과 PAO 점검주기 동안 'Low Level Alarm'을 발생시킬 수 있는 PAO의 누유량은 하루기준 70 ml 수준이며 이는 안전 마진이 고려된 수치이다. 해당 Alarm 발생 시 고출력 송신이 차단되어 장비운용이 불가하므로 하루 70 ml 이상의 누유 식별 시 즉각적인 조치가 필요하다.

서론에서 언급한 바와 같이 고출력 송신시스템 구성품의 고장 발생 시 정비를 위해서는 장기간(2주 이상)의 소요군 전력화 공백이 불가피하다. 따라서 다수의 다기능 레이더에서 PAO 누유가 발생했을 경우에는 전력화 공백 최소화를 위하여 누유수준에 따른 현실적인 대처방안 수립이 필요하다. 실제로 다기능 레이더의 유사장비인 '천마 탐지추적장치'는 시스템 영향성 등을 고려하여 계통별(연료장치 & 엔진, 변속, 냉각장치 등)로 허용 가능한 누유수준이 정의되어 있다.

현실적으로 시스템 영향성(Low Level Alarm 발생)을 제외하고는 PAO 누유가 장비가동 관련 영향성이 없는 점을 고려하여 누유 식별 시 누유수준에 따른 조치 방안을 Table 6과 같이 제시하고자 한다.

Table 6. Measures for each level of leakage

Level of leakage	Step	Measures
Over 70 ml/Day	Emergency	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Possibility of alarm value within the inspection period</li> <li>•Immediate action</li> <li>•Manufacturer Notice</li> </ul>
Over 20 ml/Day	Caution	<ul style="list-style-type: none"> <li>•There is no effect, but monitoring is necessary for the increase in leakage</li> </ul>
Below 20 ml/Day	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Minor leak level</li> <li>•No immediate action required</li> <li>•Perform follow-up actions according to the equipment inspection plan</li> </ul>

조치방안은 실제 PAO의 누유, 소실에 따른 시스템 영향성(Low Level Alarm)을 고려하여 정의하였다. 하루 70 ml 이상의 누유량은 'Low Level Alarm' 발생으로 인해 송신차단 등이 발생 가능하므로 즉각적인 조치가 필요하다. 하루 20 ml 이상의 누유수준(20 ml ~ 70 ml)의 경우 사용자가 주기적으로 누유량을 체크하여 누유량 증가를 즉각 식별할 수 있도록 유도하였으며, 하루 20 ml 이하의 누유는 'Low Level Alarm'에 대해 충분한 마진을 보유한 누유수준으로 장비 운용에 관련 영향성이 없다. 따라서 즉각적인 조치는 필요하지 않으며 장비 점검

계획에 따라 후속조치를 수행한다.

본 연구의 결과가 고출력 송신시스템 운용 및 정비 시 발생하는 PAO 누유에 대하여 누유수준에 따른 합리적인 현장 조치 방안을 제시하여, OO 다기능 레이더의 전력화 공백을 최소화하는데 기여할 것으로 기대한다.

## References

- [1] Yong-In Joung, Min-Sang Kwon, Jun-Suk Ryu and Dong-Myung Park, "A Study on the Thermal Design of the Active Antenna System", J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 46(8), 687-693(2018).  
DOI:<https://doi.org/10.5139/JKSAS.2018.46.8.687>
- [2] Changhoon Jung, Wonhee Lee, Byungsoo Koo and Kiwan Kim, "Experimental Analysis of Highly Efficient Heat Exchanger for Aircraft", The Korean Society of Mechanical Engineers, 2782-2786(5 pages)(2012)

이 승 철(Seung-Chul Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 경북대학교 기계공학과 (공학사)
- 2009년 2월 ~ 2016년 6월 : 삼성중공업 근무
- 2018년 4월 ~ 2019년 7월 : 한국가스기술공사 대구경북지사 근무
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 연구원

<관심분야>

기계/재료, 다기능 레이더, 수중센서

정 원 용(Won-Yong Jeong)

[정회원]



- 2014년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (공학사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 연구원

<관심분야>

국방/과학, 레이더

박 창 인(Chang-In Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 동의대학교 전자공학과 (공학사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 연구원

<관심분야>

레이더, 정보통신

권 민 재(Min-Jae Kown)

[정회원]



- 2014년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 연구원

<관심분야>

전자/전기, 레이더