

2014 KBS 방송기술대전 최우수상 작품 소개

FM 모노방송 불요파제거 Matching TRANS Unit 제작

구제인 KBS 광주방송총국 기술국

KBS 기술본부 주관으로 매년 개최되고 있는 KBS 방송기술대전 본심사가 지난 12월 18일 KBS 신관 국제회의실에서 개최되었다. 이번에 21회를 맞은 방송기술대전은 4월 사내 공모를 시작으로 11월까지 총 18개의 작품이 접수되었고, 예비심사를 통해 본선 8팀의 출품작으로 압축하여 본심사가 진행되었으며, 12인의 심사위원들의 심사를 통해 최우수상 1팀, 장려상 2팀, 노력상 2팀, 아이디어상 3팀에 수상의 영광이 돌아갔다.

시스템 개선과 업무 능력 향상, 고품질 방송 프로그램 제작송출기술 등의 발전을 위해 KBS 방송기술인들이 고안한 작품을 공개 시연·발표하는 방송기술대전은 국외 장비 위주의 국내 방송 현장에서 국내 기술경쟁력 제고와 함께 현업에서 바로 쓰일 수 있는 현실성 있는 개발 및 적용으로 업무개선과 비용절감 효과를 보이며, 방송기술인의 도전정신과 자긍심을 높이는 중요한 역할을 하고 있다.



2014 KBS 방송기술대전 본심사 진행 장면

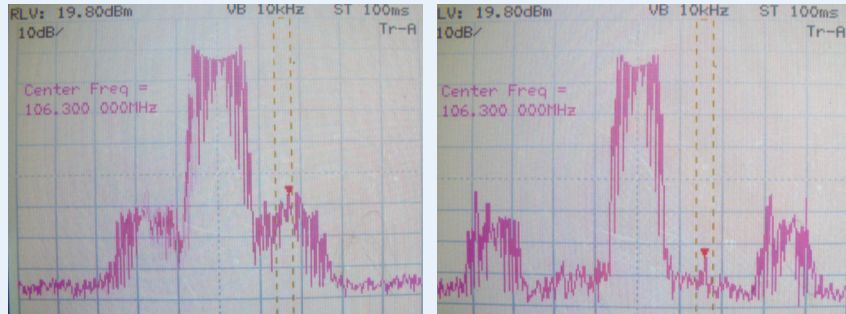
수상내역	출품명
최우수상	FM방송 불요파 제거 Matching Trans UNIT 제작
장려상	헬기방송시스템 개선 및 시뮬레이터 개발
	KBS형 8VSB Modulator 개발
노력상	NFC로 꾸미는 스마트 KBS
	DTV 송신안테나 급전방식에 대한 고찰
아이디어상	통합영상분리를 통한 영상자동감시 시스템 개선
	예약 녹화 시스템
	Shooting CAM System

개발 배경

DTV, FM, DMB 등 다양한 매체 송출을 위해 송중계소에는 많은 송신장비를 운영하고 있으며, FM 매체는 디지털로 송출되는 DTV, DMB에 비해 입력신호 품질부터 송출단계까지 RF 혼변조, 전원 등 각종 노이즈에 세심한 품질관리 노력이 필요하다.

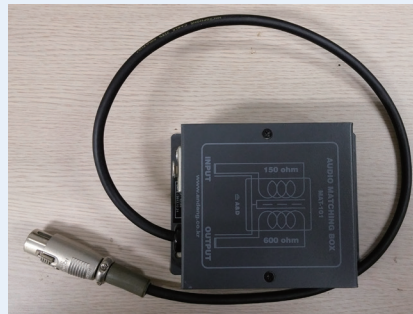
RF 송출계통에서 정비작업을 하다 보면 무선국검사 규정에 명시된 각종 규정치에 송출신호를 맞추기 위해 많은 노력을 기울인다. 예전 아날로그TV 방송 시절에 송신기를 조정하면서 규정한계치에 맞추기 위해 얼마나 노력을 기울였던가. 그에 비하면 디지털TV 방송은 많은 수고를 덜어준다. 하지만 아직 우리에게 아날로그 FM 방송이 남아있다 (물론 AM 방송도 있겠다). 아날로그 방식의 특성상 어떤 계통구간에서 발생하는 문제점은 고스란히 송출되어 수신하게 된다.

어느날 내가 근무하는 망운산 송신소의 교육FM방송 송출신호를 확인해보니 이상한 게 생겼다. 처음엔 내 것이 아닌 줄 알았다. 하지만 확인해보니 내 것이었다. 왜 이런 게 생겼을까? 원인을 찾아내고 그것을 개선하는 것 그것이 RF 정비를 하는 사람에게는 기본이지 않은가?



Matching TRANS Unit

제품은 기간국용과 간이국용 두 가지로 제작되었다. 일단 두 제품 단자가 서로 다르게 되어있으며 이는 송신기 입력은 Balance 단자, FMR 입력은 Composite Unbalance 단자로 되어있다. 임피던스 또한 기간국용은 150Ω/600Ω, 간이국용은 600Ω/High 임피던스이며, 제작비용은 각각 14만 원, 18만 원이 소요되었다.

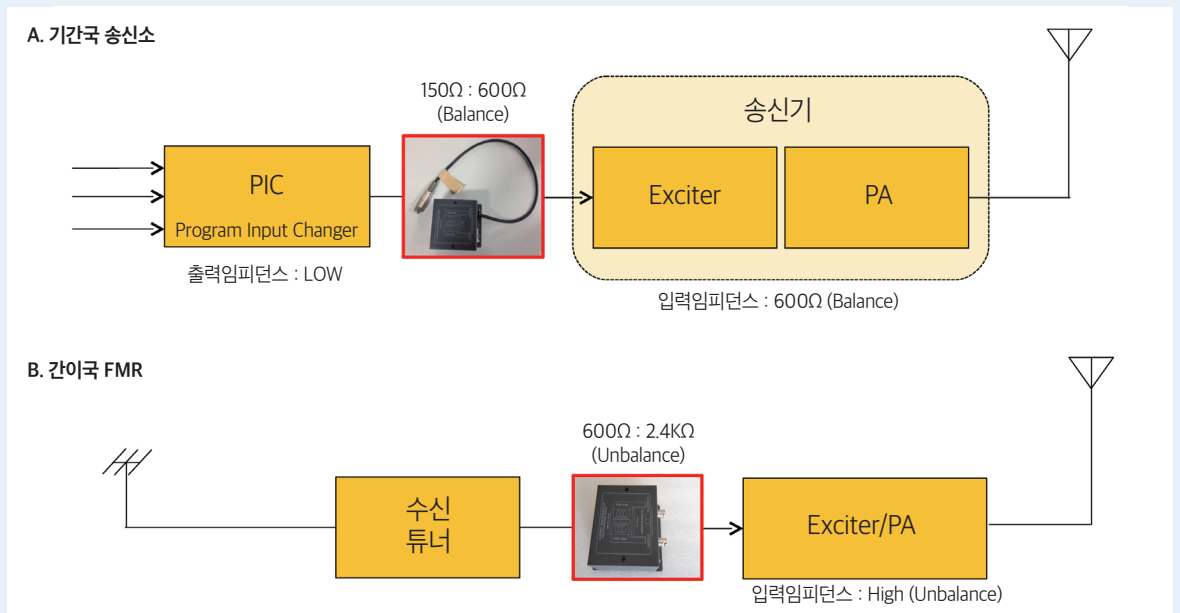


기간국 송신소용



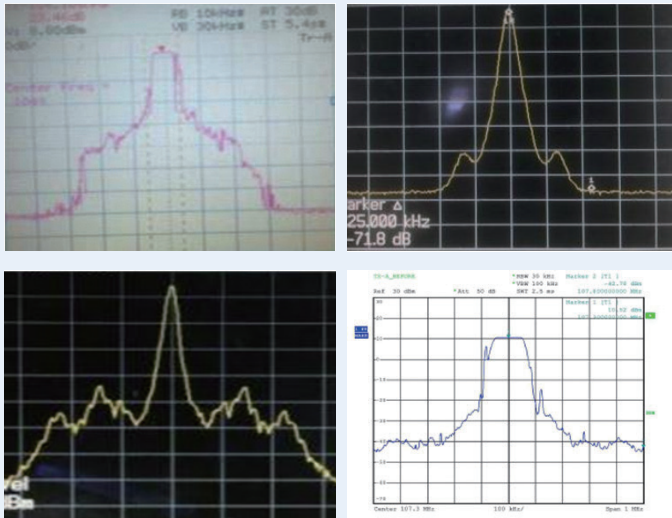
간이국 FMR용

설치 위치



불요파

불요파는 '불필요한 출력 파형'이라는 의미로 송출신호 양 측면으로 발생하는 특징을 나타낸다. (2고조파, 3고조파와 같은 스퓨리어스도 불요파에 해당하겠지만 여기서는 논외로 함) 사진과 같이 가운데 부분의 정상적인 송출신호 양옆 쪽으로 불필요한 파형이 생겨나고 있다. 여기서는 가운데 부분에서 약간 떨어져 불요파가 발생하고 있지만 어떤 경우에는 가운데 부분과 거의 같은 대역에서 발생하는 경우까지 있다. 그럼 왜 불요파가 문제일까? 첫 번째 우리는 무선국 허가 대역에서만 송출해야 한다. 둘째, 다른 방송국 전파에 영향을 미쳐 잡음 등으로 나타날 수 있으며 심하면 타 방송국 채널이 수신이 안 될 수도 있다. 셋째, 불요파 송출에 따른 Reflect POWER 증가(불요파가 일정수준 이상에서는 Reflect POWER 증가로 송신기 보호회로에 의해 OFF 될 수도 있음)와 전력비용 상승이 발생한다.



불요파 발생원인 찾기

불요파 발생 원인을 찾는데 7개월이 소요되었다. 불요파 제거를 위해 Matching TRANS Unit을 만들었지만 그 원인을 파악하는데 오랜 기간이 소요되었으며 막상 원인을 찾고 난 후에 TRANS Unit 제작에는 얼마 걸리지 않았다.

1. 송신기 입력전원을 바꾸다

망운산 송신소 교육FM 송신기 2대의 입력전원은 380V, 220V로 차이가 있었다. 입력전원차이가 무슨 상관이나고 하겠지만 실제 측정 결과에는 큰 차이가 있었다. 220V 전원을 사용하는 측정기(NEUTRIK A2)는 380V 전원을 사용하는 송신기에서 220V로 다운시켜 나온 전압과 원래 220V를 사용하는 송신기에서 나온 전압을 사용하는 전원 어디에 연결하느냐에 따라 차이가 발생하였다. 간단히 얘기하자면 220V 3구에 테스터기를 대고 측정해보면 220V, 0V, 220V로 나오지만(가정용 전원이 보통 이러함) 송신소에서는 220V, 117V, 108V 이렇게 나오기도 한다. (220V, 87V, 98V인 경우도 있음)

살펴보면 송신소 입력전원으로 고전압을 사용하거나(이 경우 고전압 TRANS 사용) UPS 전원을 사용하거나 전원의 N 단자를 연결하지 않거나. 결국은 전원이 중요하다고 할 수 있다. 정확한 측정을 위해 측정기 전원을 어디에 연결할 건지, 측정기 케이스에 접지를 붙여야 할지 말아야 할지 잘 생각해야만 정확한 측정을 할 수 있다. 망운산 송신소에서는 220V 입력전원을 사용하는 송신기를 자체적으로 380V로 승압하였다. 사전 준비까지 해서 3주 정도 소요된 것 같지만 결과는 크게 나아지지 않았다. 고생만 많이 하고. 그럼 무엇이 문제인가.

2. RF 주파수 상호 혼변조

그때 당시 제주 공항관제센터에서 연락이 왔다. 공항관제용 주파수가 혼신으로 사용에 제한을 받는다는 것이었다. 확인결과 교육FM 주파수(106.3MHz)와 음악FM 주파수(94.5MHz) 혼신으로 118.1MHz의 혼신주파수가 발생되었다. 혼신주파수는 송신기 최종단 BPF를 설

치해 제거하였다. 혹시 이러한 혼신주파수로 인해 불요파가 발생하지 않을까? FM 정파시간 내 송신기를 OFF 해보면서 불요파가 제거되는지 확인하였지만 혼신주파수로 인해 발생하는 건 아니었다.

3. 이제 남은 것은 Exciter 자체문제다

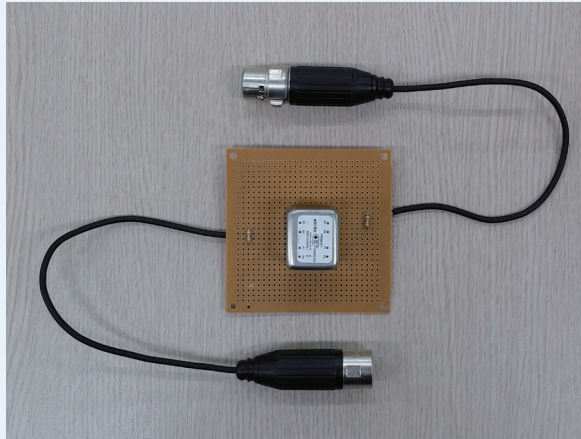
Exciter 내부회로를 점검하는데 제일 많은 시간이 소요되었다. Exciter 입력단자는 Cannon 단자를 사용하는 Mono Balance, Composite Balance, 그리고 BNC 단자를 사용하는 Composite Unbalance 이렇게 3가지로 되어있다. 교육FM 입력단자는 Mono Balance를 사용한다. Exciter 내부에서 Mono Balance는 Pre-Emphasis 회로를 거치며 Composite Balance, Unbalance 단자는 내부에 Pre-Emphasis 회로가 없다. 불요파가 Composite Unbalance에서도 발생하는지 확인해보니 깨끗한 파형이 송출되었다. 진짜 그럴까? 망운산 송신소 표준FM, 음악FM 송신기에서도 확인해보니 모두 Mono Balance 단자에서만 불요파가 발생되었다. 아하! 불요파 제거가 되지 않으면 교육FM도 Composite Unbalance 단자를 이용하면 되겠군. 단 이 경우 Pre-Emphasis를 넣어야 하기 때문에 Stereo Generator 장비를 입력계통에 연결해 Mono 기능으로 전환해 사용해야겠다고 마음먹었다. 실험 삼아 연결해보니 불요파도 없는 깨끗한 파형을 얻을 수 있었다. 그래도 Mono Balance 단자에서는 왜 불요파가 발생하는지는 알아야 하지 않는가. Exciter 내부회로를 보면 3개의 단자입력부분(RF INPUT Filter)은 차폐가 확실히 되어있다. RF INPUT Filter 회로의 뚜껑만 열어도 파형이 달라지는 걸 확인할 수 있다. 만약 Unbalance 단자만 있었다면 RF INPUT Filter 회로 없이 바로 Exciter 증폭계통으로 연결된다. 내부회로에서 불요파 발생여지가 있는 부분은 많다. 오실레이터 계통도 확인하였으며 입력단자에서 직결해 증폭부로 연결도 해보았다. 하지만 해결은 되지 않았다.

4. 임피던스 매칭이 그렇게 중요한가

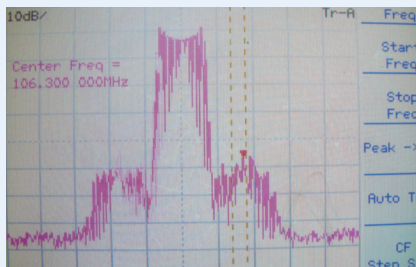
임피던스는 우리가 잘 알고 있다. 장비 매뉴얼을 보면 입력력 임피던스가 나와 있다. 요즘 나온 장비들은 기본이 입력임피던스 HIGH, 출력임피던스 LOW이다. 이런 장비 간 연결은 크게 문제가 없다. 송신기 입력단자의 임피던스를 보면 Mono Balance 단자는 600Ω, Composite Unbalance 단자는 High로 되어있다. 시스템 계통을 보면 여러 개의 입력소스 중 하나를 선택해 출력하는 PIC(Program Input Changer)의 Output이 송신기 입력과 연결되어 있다. PIC의 출력임피던스는 LOW로 송신기 Mono Balance 단자의 600Ω과는 크게 차이가 나지 않는다. 하지만 측정기 A2(Neutrik) 장비의 출력임피던스를 150Ω 이하로 했을 때와 600Ω으로 했을 때 송신기 불요파가 어떻게 달라지는지 확인해보면 임피던스 설정에 따라 어떤 변화가 있는지 확인할 수 있다. 600Ω으로 설정해 측정해보니 불요파가 제거되었다. 임피던스 불일치문제는 신호를 입력받는 장비가 HIGH 임피던스일 때는 큰 영향이 없지만 LOW 임피던스 출력이 600Ω 임피던스 입력으로 연결될 경우에는 임피던스 차이에 따른 반사신호가 다시 출력장비 측으로 되돌아가며 이 경우 불요파로 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 임피던스 불일치문제 해결을 위해 Matching TRANS를 사용해 문제를 해결하기로 결정하였다.

시제품제작 및 시험

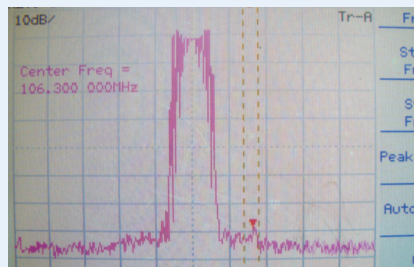
Matching TRANS를 사용하면 불요파가 정말 제거되는지 확인하기 위해 여러 장비에 사용되고 있는 TRANS를 떼어내 시제품을 제작하였다. 하지만 결과는 썩 만족스럽지 못했다. 어떤 제품에서는 불요파 제거효과가 생각보다 낮았으며 심지어는 별로 변화가 없기도 했다. 하지만 중요한 것은 불요파 제거효과가 나타난다는 점이었다. 동서전자에 의뢰해 Matching TRANS를 주문제작을 했다. 하지만 받은 제품을 확인해보니 4개의 제품에서 1개만 만족할 만한 효과를 나타내었다. 이렇게 해서는 정확한 제품을 구성하기에 문제가 있을 것 같은 판단에서 이미 출시되어 나와 있는 TRANS를 활용하기로 하고 인터넷이나 부품판매채널 등을 활용해 제품을 찾기 시작했으며 Oxford Electrical Products 사의 High Performance Audio TRANS 제품을 발견하게 되었다. 이 제품은 40KHz까지 대역에서 노이즈차단, 임피던스매칭의 효과를 보증하는 제품으로 설명되어있었다. 인터넷을 통해 판매되고 있는 Oxford 사의 Matching TRANS를 규격별로 모두 구매해 제품을 구성해보았다. 확인결과 150Ω, 600Ω 임피던스를 갖는 제품에서 불요파가 완전히 제거되는 것을 확인하였으며, 나머지 임피던스 제품에서는 불요파 제거효과가 낮았고 오히려 더욱 증가되기도 하였다.



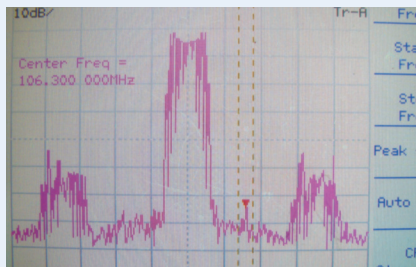
시제품 사진



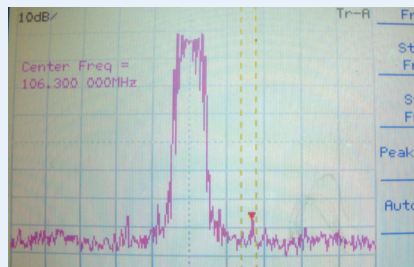
TX_A 기존



TX_A Matching TRANS 설치 후

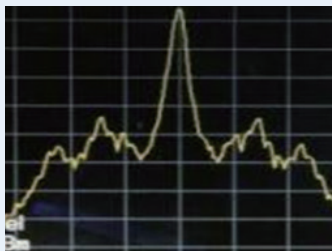


TX_B 기존

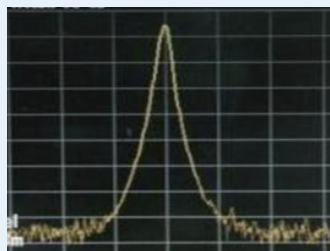


TX_B Matching TRANS 설치 후

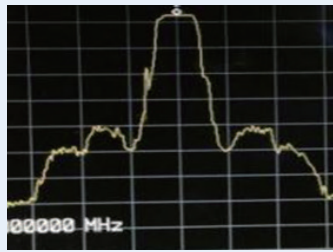
위와 같은 결과를 바탕으로 제품의 성능확인을 하였다. 그런데 이러한 문제가 똑같이 발생하고 있는 다른 송신소도 있다는 연락을 받고 시제품을 그곳에 보내 마찬가지로 제품의 성능을 확인하게 되었다.



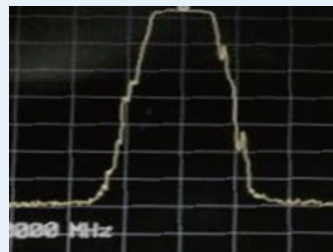
설치 전



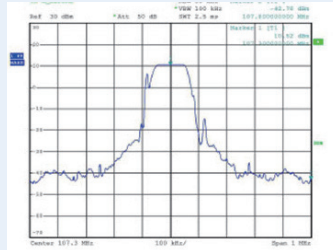
설치 후



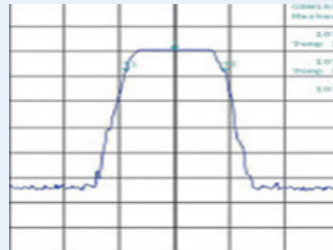
설치 전



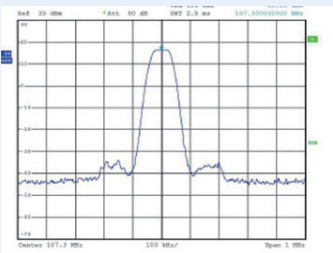
설치 후



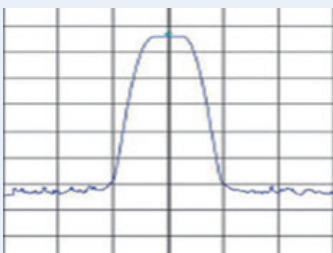
설치 전



설치 후



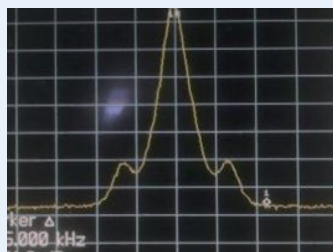
설치 전



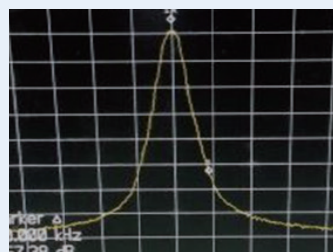
설치 후

제품제작 및 설치

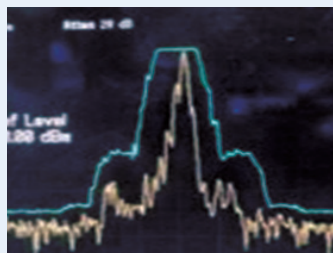
불요파 제거효과 확인 후 전국 기간국 송신소 교육FM 송출스펙트럼에 대한 전면적인 조사를 통해 24개소 48개 장치에 Matching TRANS가 2011년 11월부터 2012년 2월까지 설치되었다.



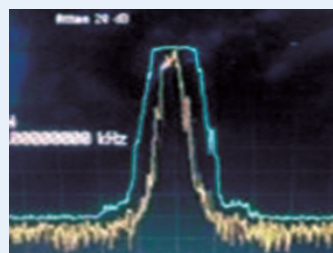
설치 전



설치 후



설치 전

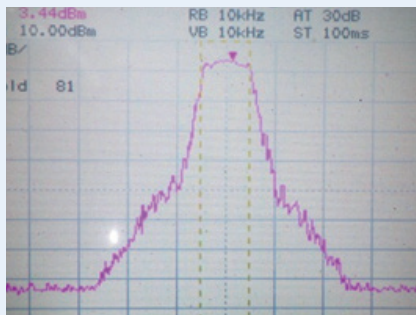


설치 후

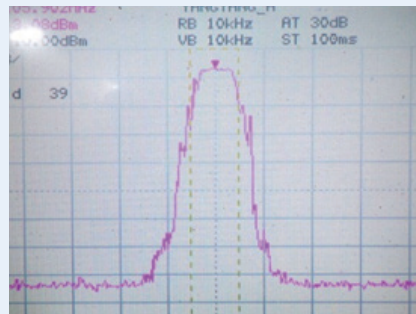
기간국 송신소에서의 불요파제거 효과를 바탕으로 간이국 FMR에 확대적용하기 위한 작업이 시작되었다.

간이국 FMR 설치

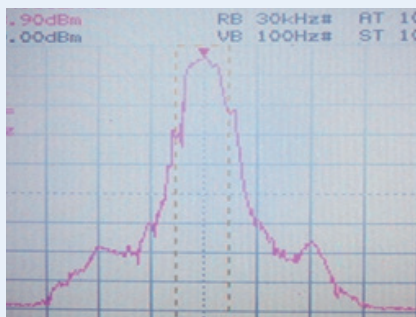
간이국 FMR은 기간국과 시스템구성이 다르다. 기간국에서 송출되는 신호를 튜너를 사용해 수신한 다음 그 튜너의 출력을 FMR 입력으로 연결하고 있다. FMR 입력단자로 Composite Unbalance 단자가 사용된다. Mono Balance 단자를 사용하게 되면 내부 Pre-Emphasis 회로가 포함되어야 하며 차폐에도 많은 신경을 써야 하기 때문에 송신기 제작비용 절감을 위해 빠진 것으로 보인다. 대신 수신튜너의 내부회로에서 Composite 단계의 신호를 빼내서 이 신호를 FMR에 입력하고 있다. 간이국 FMR의 경우는 입력단자가 HIGH 임피던스로 임피던스 불일치와는 관련이 없었다. 하지만 간이국의 경우에도 역시 불요파는 발생되었다. 확인결과 간이국의 경우는 노이즈와 튜너의 수신품질 저하로 인해 불요파가 발생되었다. 각 FMR의 경우에 원인을 파악한 다음 조치를 취해야 하지만 고압게도 Matching TRANS는 원인에 상관없이 불요파를 잘 제거해 주었다. Audio TRANS의 기본 기능은 우리가 잘 알고 있듯이 임피던스 매칭, 노이즈차단이기에 역시 FMR의 경우에도 잘 동작되었다. 물론 Matching TRANS의 입출력임피던스는 기간국과 다르게 600Ω, 2.4kΩ으로 제작되었으며 Unbalance 단자로 되어있다. 실제 Matching TRANS 존재 여부에 따라서 입력신호를 측정해봤더니 입력신호의 품질이 매우 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 2013년 3월부터 2014년 1월까지 전국 간이국 FMR 23개소 42개 장치에 Matching TRANS가 제작되어 설치되었다.



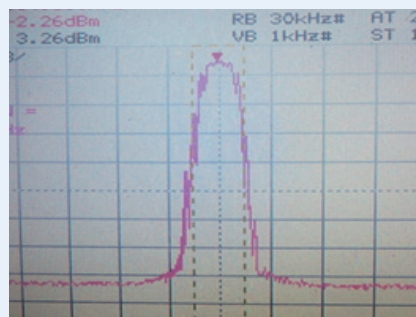
설치 전



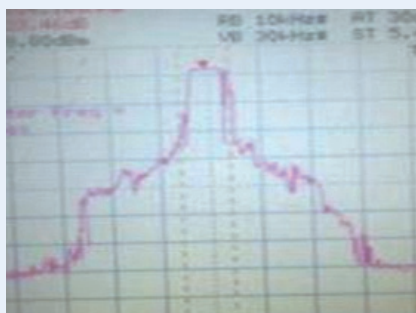
설치 후



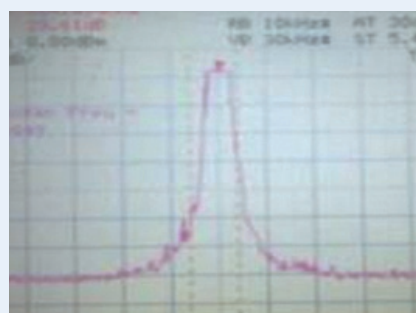
설치 전



설치 후



설치 전



설치 후

모노방송이 아닌 스테레오 방송에도 적용할 수 있을까?

모노방송은 입력신호의 주파수대역이 15KHz까지이며 그 이상의 신호는 노이즈 성분에 해당한다. 하지만 스테레오 방송의 경우에는 주파수 대역이 53KHz까지로 40KHz에서 노이즈성분이 발생되어도 입력신호에 묻혀 판별하기 어렵다. 스테레오 방송의 경우 송출스펙트럼 확인결과 불요파가 발생하지는 않았다. 하지만 노이즈차단에 따른 음향품질향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

결론

2014 KBS 방송기술대전 본선 발표전 출품작을 전시해 놓고 보니 제품 크기도 작고 모니터 상에 보여주는 것도 없이 초라하기 그지없었다. 하지만 RF 송출에서 큰 제품은 환영받지 못한다. 가능한 없는 듯하면서 묵묵히 본연의 역할을 해내면 되는 것이다. 전국 기간국, 간이국 모두 시스템이 거의 안정화되어 있어 제품을 만들어 기술대전에 출품하기란 상당히 어려운 일이다. Matching TRANS는 기술대전에 출품하기 위해 기획해 만든 제품이 아니다. 평상시와 같이 발생한 문제점의 원인을 찾고 해결하는 과정에서 자연스럽게 만들게 되었으며, 동일한 문제가 발생되는 곳에 확대해 적용하다 보니 이렇게 전국적으로 배포되어 설치되었다. 어떤 굉장한 이론이나 디지털 기술과의 연관성도 없지만 가장 기본적인 부분의 문제를 해결하는데 큰 역할을 한 제품이라고 확신한다. 이번 최우수상 수상을 계기로 RF 송출 업무를 하는 전국의 많은 엔지니어들이 더 나은 제품으로 앞으로도 많은 수상의 영광을 안았으면 하는 바람이다. ☺



2014 KBS 방송기술대전 수상자들