

# FSK에 의한 디지털 ATS시스템

박 정수\*, 장 대식, 김 양모  
충남대학교 전기공학과

## Digital ATS system by FSK

Jeong-Soo Park\*, Dae-Sik Jang, Yang-Mo Kim  
Dept. of Electrical Eng, Chung-Nam Nat' l Univ

### Abstract

ATS Systems is activated against the over-running and the crashes between trains. Up to now, ATS Systems have been constituted analog systems adopting the changed frequency method or amplitude modulation, which is impossible to give any essential informations.

In this paper, it is dealt with digital ATS Systems which are replaced the former ATS Systems in the advanced nation of railways. Especially, this paper shows the possibility of any developments for the digital ATS Systems by the experiment of digital ATS systems by Frequency Shift Keying method.

변주식이란, 보통 때는 차상의 증폭기가 차상자를 통해 주파수  $f$  로 발진하는 발진기를 구성하고 있어, 이 발진 신호가 중심주파수가  $f$  로 조정되어 있는 대역 통과 필터를 통과함으로써 릴레이를 구동하는 전력이 공급된다. 한편, 열차가 지상자를 통과할 때 지상자는  $f_1$  이란 주파수로 공진되어 있고, 공진회로의  $Q$  가 충분히 크다고 할 때 지상자는  $f_1$  신호가 유입되어 차상자의 발진 주파수가  $f_1$  으로 변주되며, 이때  $f_1$  주파수는 필터를 통과하지 못하기 때문에 릴레이를 구동할 수 없다. 이 과정을 나타낸 것이 그림 1 (a)로, 변주하는 과정을 차상자와 지상자의 진행방향 거리에 따라 나타내면, 그림 1 (b)와 같다.

### 1. 서 론

열차제어에 있어서, ATS는 열차가 신호를 무시하고 진행하는 때나, 속도를 초과하여 주행하고 있을 때, 그 열차를 자동적으로 감속 또는 정지시키는 역할을 하게 된다. 일반적인 차내 경보식 ATS는 경보장치로 주의를 환기시킴으로써, 승무원이 적절한 조치를 취할 수 있도록 하였고, 일정시간이 경과한 후에 아무런 조치가 취해지지 않으면, 자동적으로 열차를 감속 또는 정지시키는 장치이다.<sup>[1]</sup>

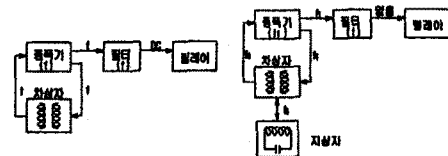
최근, 열차의 고속화와 여객, 화물 운송량이 나날이 증대되는 시점에서 열차운행의 안정도 증진과 여객안전의 확보를 위해서 ATS 시스템은 필수적이다. 특히 고밀도 운행에 있어서의 ATS는 선로에 있는 많은 차량과 중앙제어장치, 또는 차량과 차량간의 통신을 위하여, 신호운행조건을 파악하여 열차의 속도를 제어하는 것이 필수적이다. 특히, 효과적인 ATS장치를 위하여 차상과 지상장치 사이에 전환되는 정보는 많은 정보가 포함되어야 하는데, 많은 정보량의 수용과 정확성을 위해서는 디지털화가 필수적이다.

본 논문은 ATS 디지털화에 대하여 논한 것으로, FSK의 부호화에 의한 ATS신호에 대한 기본개념을 언급하고, FSK 방식에 의한 ATS 시스템의 가능성을 타진하기 위하여 회로를 구성하여 실험을 하여 보았다.

## 2. 종래의 ATS 시스템

ATS의 여러 가지 방식중 대표적인 것이 변주식과 진폭변조 방식이다. 이들 방식의 원리는 다음과 같다.

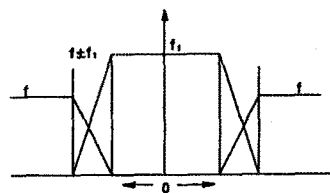
### 2. 1 변주식 ATS.



<f로 발진>

<f1으로 변주>

(a)  $f \rightarrow f_1$  으로 변주하는 원리



(b) 차상자 - 지상자 진행방향거리

그림 1. 단일 주파수 변주회로 및 변주과정

### 2. 2 다변주식 ATS

다변주식 ATS 장치는 2.1에서 언급된 주파수의 변주를, 지상자의 내장 캐패시터를 가감시킴으로써, 서로 다른 주파수로 선정할 수 있도록 하고 있으며, 다수의 공진 주파수를 지상자의 내장 캐패시터를 가감하게 한다. 차상의 수신기는 지상자의 공진주파수에 대해 선별 회로를 지니고 있어, 그 주파수에 해당하는 릴레이가 동작되도록 하며, 대개 3~5 단계의 변주를 채용하는 것이 일반적이다.

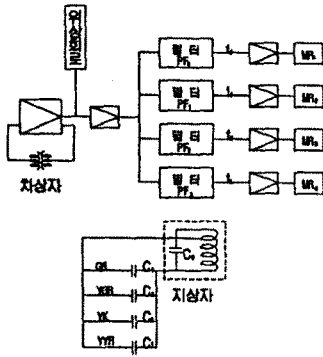


그림 2. 다변주식 ATS의 블럭도

### 2. 3 진폭변주식 ATS

비교적 낮은 반송 주파수에 ATS 지시속도를 진폭변조하여 사용하는 방식으로 그 예를 보이면 다음 표 1. 과 같다. 각 변조파에 해당하는 제한속도를 복조하여 ATS 신호로 사용한다.

표 1. ATS 변조파와 제한속도

| 주파수 |      | 지시속도 (km/h)    |
|-----|------|----------------|
| 반송파 | 변조파  |                |
| 990 | 5    | 25             |
|     | 6.6  | 40             |
|     | 8.6  | 60             |
|     | 10.8 | 70             |
|     | 13.6 | 80             |
|     | 20.4 | 100            |
|     | 16.8 | YC yard cancel |

## 3. 디지털 ATS 시스템

### 3. 1 다정보화 ATS

ATS는 일반적으로 변주식 코일이 지상자를 통과할 때만, 간헐적으로 차상에 정보를 전달하는 점계이식으로, 이 때 전달될 수 있는 정보량은 기껏해야 10정도로, 위에서 말한바와 같은 다정보의 전송에는 적절하지 않다.

ATS시스템에서 차상자와 지상자 사이에 교환되는 정보량을 증가시키기 위해서 반송파의 주파수를 높일 필요가 있는데, 높은 주파수에 대해 변주식 또는 진폭변조식에 의해서는 정보전송이 곤란하고, 필연적으로 디지털 방식으로 전환되어야 한다. 이러한 우수한 특성을 지닌 디지털 방식을 실현시킬 수 있는 효과적인 방법으로, FSK (Frequency Shift Keying) 방식을 들 수 있는데 보내고자 하는 정보의 입력신호를 코드화하여, 변형된 2진신호의 레벨에 따라 두개의 발진 주파수를 대응시켜 송신하는 방식이다.

많은 무선전송로에서는 페이딩(fading)때문에 수신신호의 진폭이나 위상이 불규칙하게 변동하는 현상을 자주 볼 수 있다.

ASK(Amplitude-shift keying)방식이나, 다른 선형변조방식은 이 페이딩의 영향을 받기 쉽고, 페이딩에 의한 진폭 변동때문에 수신기에서의 오류율이 대단히 커지는 경우가 있다. 그래서 페이딩에 강한 주파수 변조의 기술을 디지털정보의 전송에 응용하는 것을 생각해 볼 수 있는데, 이것이 바로 FSK이다. FSK방식은 신호를 비교적 용이하게 발생시킬 수 있고, 또 비동기 복조를 할 수 있다는 이점을 가지고 있다. 또 신호진폭이 일정하고, 주파수 엇갈림이나 전송로의 비선형성에 대해서도 강하다는 특징을 가지고 있다.

### 3. 2 트랜스폰더의 기능

트랜스폰더란, Transmitter 와 Responder 로 구성되는 통신기기로 고품질의 다정보를 고속도로 전달하는 기능을 갖고 있다. 이것은 차상에 부착한 안테나(차상자)와 궤도 내에 부착한 안테나(지상자) 사이에 쌍방향의 정보전달이 가능한 전 2중 통신방식을 채용하고 있다. 그림 3은 트랜스폰더의 구조를 개념적으로 표시한 것으로, 안테나를 통해 정보를 전송받고 복조부를 통해 디지털 신호를 복조하게 된다.

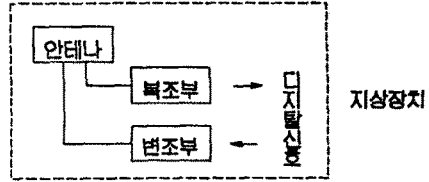
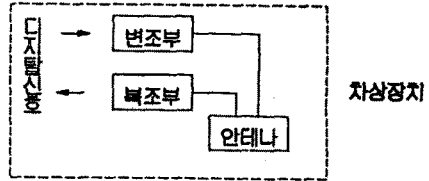


그림 3. 트랜스폰더의 구조

### 3. 3 무전원 지상자

일반적으로 ATS 시스템을 적용하기 위해서는, 궤도를 따라 정보 전송을 위한 전송선로와 지상자의 전원을 위한 권력선 케이블의 시설이 불가피하다. 그런데 지상자회로를 구동시키기 위한 전력은 극히 적은 양으로 가능하며, 이 전력을 차상자로부터 공급하는 방식이 채용되고 있다. 이러한 차상의 전력공급방식은 궤도를 따라 시설해야 하는 전력선을 없앨 수 있다는 잇점뿐만 아니라, 지상자에 설치된 배터리의 보수 및 교체도 필요치 않아 경제적으로 많은 이점이 있다.

특히 고정적인 정보만을 제공하는 지상자나, 주전원장치로부터 멀리 떨어져 있어, 이 지상자에 전원을 공급하여 정보전송을 하기보다는, 무전원 지상자로 구성함으로써 보다 효율적인 정보전송을 얻을 수 있다.

## 4. FSK에 의한 실험

### 4. 1 FSK 의 원리

FSK를 이용한 시스템의 블럭도는 그림 4와 같다. 시스템의 기본은 지상의 변조기(MOD)로부터 부호화한 디지털 신호에 따른 FSK신호를 변조하는 것과 차상에서 복조기(DEMOD)를 통해 디지털 신호로 복원하는 것이다. 그림에서 윗부분에 그려진 지상안테나, 변조기(MOD), buffer는 레일위에 설치되어, FSK변조 및 트랜스폰더의 지상장치를 말한다. 아랫부분에 그려진 차상안테나, Differential amp, 복조기(DEMOD)는 열차에 탑재되는 것으로서, FSK복조를 담당하며, 트랜스폰더의 지상장치를 말한다.

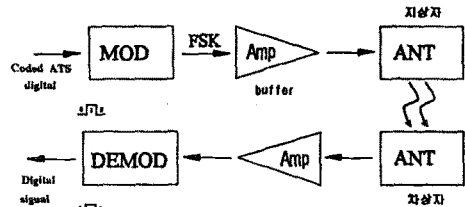


그림 4. 시스템의 블럭도

FSK 방식은 디지털 2진 부호에서 부호 1, 부호 0에 대해, 각각 주파수가 다른 반송파를 대응시켜 전송하는 방식으로, FSK는 서로 다른 두 개의 주파수를 사용하므로, 페이딩의 영향을 잘 받지 않으며, 잡음에 대해서도 강한 특징을 갖고 있다. 본 실험에서 FSK파는 발진기의 주파수를 디지털 신호에 의해 변화시킴으로써 얻어진다.

#### 4. 2 FSK 변·복조 회로

FSK 변조회로와 복조회로를 각각 그림 5와 그림 6에 나타내었다. 그림 5에서 FSK 변조기로 XR-2206을 사용하였고, 안테나와의 buffer로서 AD-713을 사용하였다. 변조주파수  $f_1$ ,  $f_2$ 는 각각

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C_0}, \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C_0}$$

로 주어지며 실험에서는 주파수단위가  $\mu\text{Hz}$ 가 되도록 회로정수를 맞추었다.

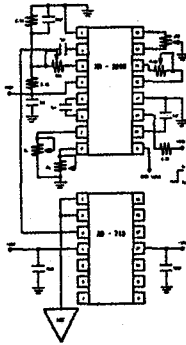


그림 5. FSK modulator

한편, 그림 6은 지상안테나로부터 전송되어오는 FSK 파형을 차상안테나로 받은 후, 복조기를 거쳐 디지털부호로 복조하는 회로로, 차상안테나로부터 검출된 신호를 증폭기로 증폭한 후, XR-2211 복조기를 이용하여 디지털 신호를 복원하였다.

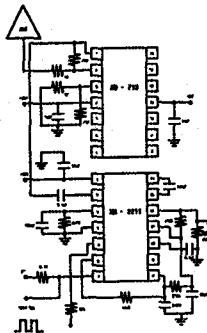


그림 6. FSK demodulator

#### 4. 3 FSK 실험결과

그림 7과 그림 8은 실험회로의 입력과 출력파형을 나타내는 것으로, 그림 7에서 위의 파형은 부호화된 디지털 입력신호를 나타내고, 아래파형은 FSK 변조파형을 표시하고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 디지털 입력신호가 1일 때는 300kHz를, 부호 0일 때의 주파수는 250kHz임을 알 수 있다.

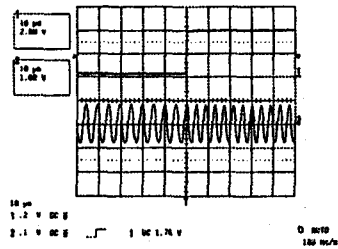


그림 7. 디지털 입력에 따른 FSK 변조

한편, 그림 8에서 위의 파형은, 지상자에 입력되는 부호화된 디지털 신호를 보이고 있으며, 아래파형은 차상자의 안테나로부터 유기된 신호를 차상자 안테나에서 수신하여 복조된 디지털 신호를 나타내고 있다.

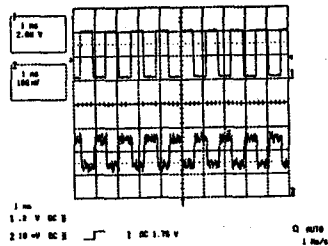


그림 8. 디지털 신호로 복조된 파형

### 5. 결 론

ATS신호로서 종래에 사용되어 온 것은 몇 개의 코드로 지정된 속도만을 나타내는 단순한 형태였지만, 열차가 고속, 고밀도화 되어 감에 따라 ATS에서 제공되는 정보도 고속화, 다정보화할 필요가 있다. 이러한 ATS시스템에 적합한 방식으로 FSK에 의한 디지털 방식이 유용한 것으로 알려져 있다.

본 논문에서는 디지털 ATS 시스템에 적용 가능한 FSK 실험용 MODEM 과 DEMODEM을 사용하여 차상자 및 지상자를 통한 정보의 수수가 가능한 것을 확인하였고, ATS시스템에 FSK방식을 적용시켜 다양한 정보의 교환이 이루어질 수 있음을 보여주었다. 이 실험을 바탕으로 ATS시스템에 적용 가능한 시스템의 개발을 진행시킬 예정이고, 장차의 ATS시스템으로, 도입될 수 있으리라 본다.

#### 참고문헌

- [1] 日本 鐵道電氣技術協會, “鐵道技術者のための 電氣概論 信號シリーズ ⑦”, pp 1~4
- [2] 日本 鐵道電氣技術協會, “信號入門”, 1992, pp 192~193
- [3] 平野 賀入, “トランスポンダを應用したシステムについて”, JREA vol.29 No.12, 1986