

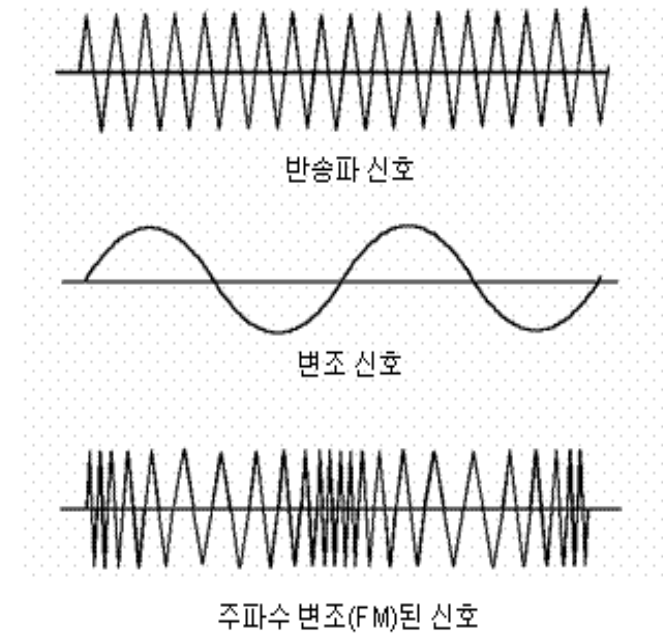
제 6 장 주파수 변조

키워드: FM 대역폭 (Carson 법칙), 광대역/협대역 FM, FM 송수신기 구조와 기능, 스테레오 방식

목표:

- 주파수 변조
- FM 신호 발생 방법, 신호 복조 방법
- FM 방식의 장점과 단점을 비교하고, AM 방식과 비교한다.

- 주파수 변조(FM)와 위상 변조(PM)는 AM 방식의 다른 형태
- 송신기와 수신기에 복잡한 회로 필요



6.1 주파수 변조 개념

- FM 개발자 : 암스트롱(Major E.H. Armstrong), 슈퍼 헤테로다인 수신기 개발
- FM 응용 분야 :
 - > 극도로 신호 품질이 중요한, 라디오 링크
 - > 양방향성 이동 라디오
 - > 우주위성에서의 신호 전송
 - > 모뎀과 같은 컴퓨터 통신 링크나 회로에 사용
- FM (주파수 변조)
 - > 장점 : **잡음과 정전기 억제**, 잡음에 의해 생긴 진폭 변화는 영향이 미비
 - > 단점 : AM 과 비교하여, **많은 대역폭 필요**, 회로 복잡
- 표준 FM 방송 대역 : 88 MHz ~ 108 MHz



6.2 FM 스펙트럼과 대역폭

- 주파수 변조는 캐리어 주파수를 변화시키기 위해서 변조할 신호를 사용
 - > FM 과정은 전체 범위에서 새로운 측파대를 발생
 - > FM 변조된 신호의 스펙트럼은 무한히 넓다
- FM 변조 결과 (그림 6.1)
 - > 캐리어주파수 (f_c) $\pm$ 변조할 주파수 (f_m)에서 측파대 발생

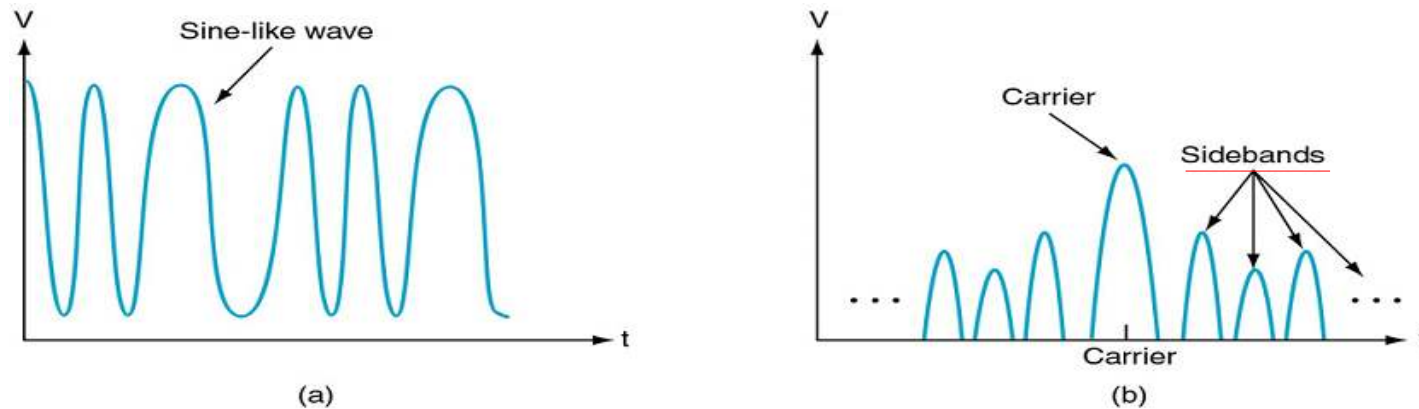


그림 6.1 일반적인 FM 신호: (a) 시간 영역 (b) 주파수 영역

- FM 신호 : $V(t) = A \sin(2\pi f_c t + m \sin 2\pi f_m t)$

여기서, A 는 캐리어 진폭, f_c 는 캐리어 주파수, f_m 은 변조할 신호 주파수,
 $m (= \Delta/f_m)$ 은 변조지수, 최대 캐리어 주파수 변이 Δ

- FM 과정 정리

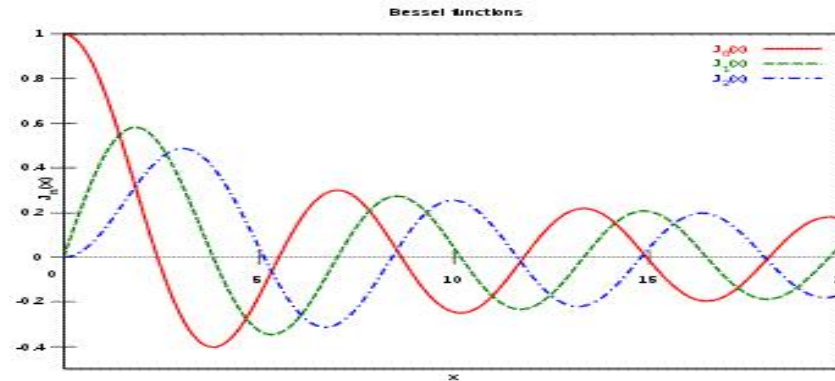
- > 변조될 주파수 f_m : 음성, 음악, 또는 데이터와 같은 정보 신호원의 스펙트럼에 의해 결정
- > 주파수 변이 Δ : 변조될 주파수와 결과 캐리어의 주파수 이동사이의 관계
- > 변조 지수 m : 주파수 변이와 변조될 신호 주파수의 비율
- > 대역폭 : 칼슨 법칙을 사용한 근사 화로 계산

칼슨(Carson) 법칙

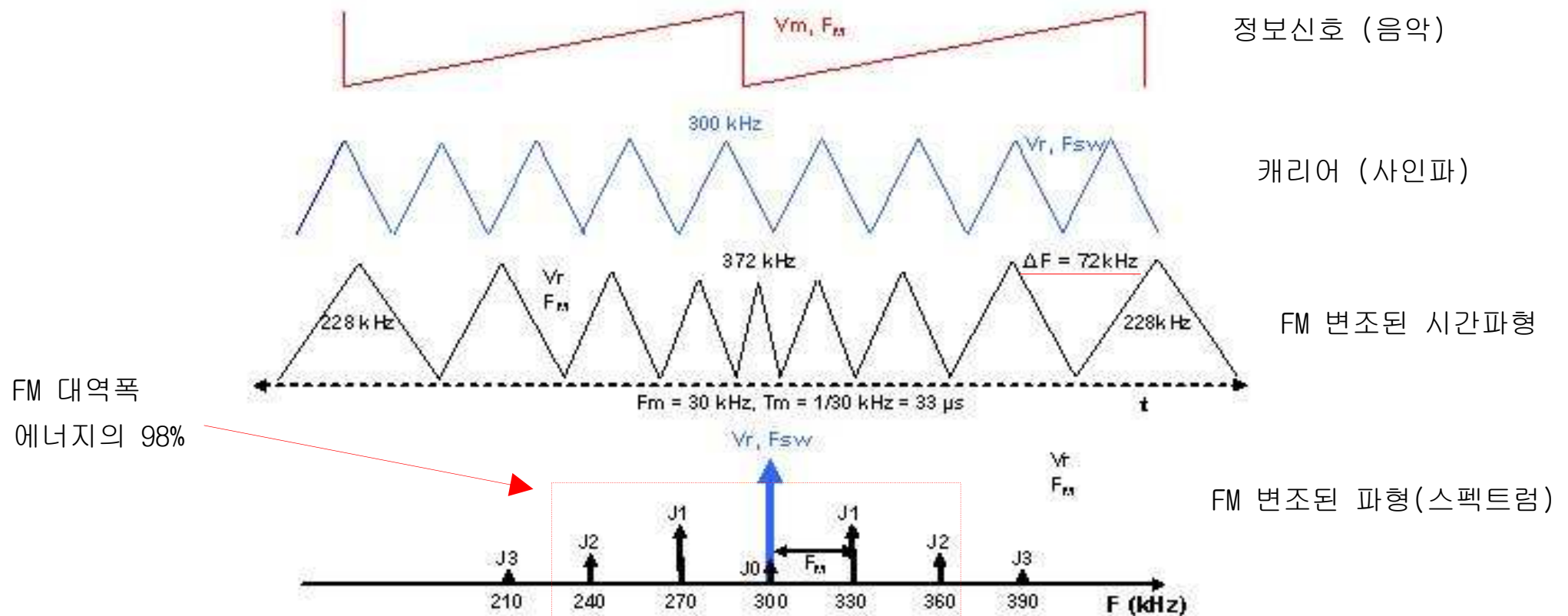
- 대역폭 $= 2(\Delta + f_m) \approx 2\Delta$
- 베셀 함수의 98 %수준까지 예측
- 98 % 에너지 대역폭과 주파수 변이 Δ , 그리고 변조할 신호 주파수 관계를 근사 화

- 베셀(Bessel) 함수

$$J_n(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{-i(n\tau - x \sin\tau)} d\tau$$



- FM 변조 후의 주파수 스펙트럼, 베셀함수 관계



FM과 전력

- AM 방식에서 캐리어 변조 : 전력 필요
- FM 방식 변조
 - > 캐리어 전력 : 변조 후에 여러 개의 FM 측파대들에 분포
 - > FM 변조 후에 생기는 여러 개의 주파수 스펙트럼 성분들에 전력이 소모
 - > 변조지수가 클수록 전력은 더욱 퍼지게 분포
 - > 넓은 대역폭은 98 % 전력 포함위해 필요함.

협대역 FM

- 광대역 FM (WBFM) 방식
 - > 높은 신뢰도와 적은 왜곡. 넓은 스펙트럼 대역폭 필요
- 협대역 FM (NBFM) 방식
 - > 작은 변조지수 값 사용
 - > 최대 캐리어 주파수 변이 대 변조될 최대 신호 주파수 비율: $6\text{kHz}/3\text{kHz} = 2$
 - > 표준 상용 FM 방송의 주파수 변이 : $75\text{kHz}/15\text{kHz} = 5$

방송용 FM

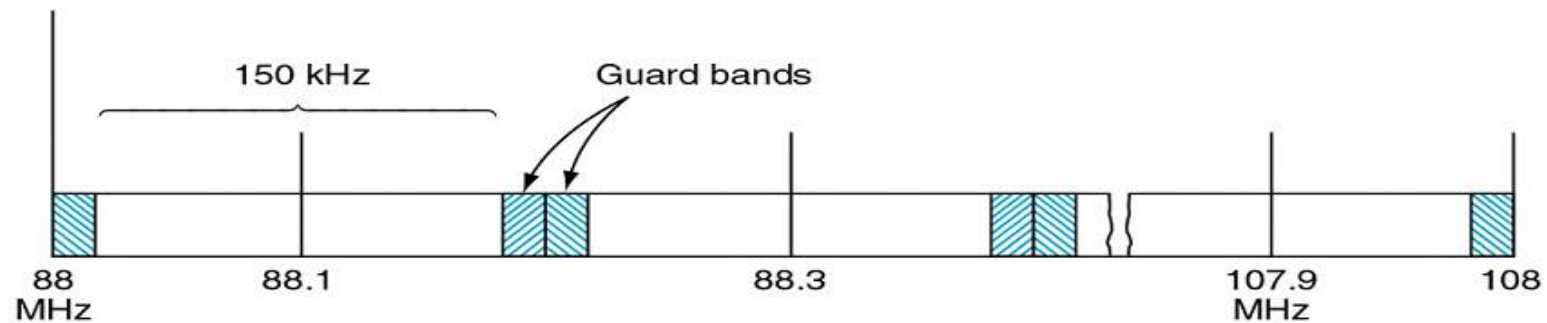


그림 6.4 상업용 FM 방송 대역 할당과 측파대들

- 표준 FM 라디오 방송 (그림 6.4)

-> 방송 대역 : 88 MHz ~ 108 MHz, 200 kHz간격

-> 변조할 신호는 30 Hz ~ 15kHz

-> 측파대들 : 캐리어를 기준으로 ± 75 kHz범위에 퍼져있으며, 양끝에 25 kHz 보호대역

-> 최대 허용 주파수 변이 Δ : 75 kHz

-> 변조지수 m : $75000/30 = 2500 \sim 75000/15000 = 5$, 변조할 신호의 주파수에 반비례

6.3 송신기

직접 방식 FM

- 발진기 사용 방법
 - > 공진 주파수 변화를 바랙터 다이오드 소자로 결정, 바랙터의 커패시턴스 범위와 LC 결합비가 결정
- 가변 리액턴스 방법 (그림 6.5)
 - > L_1C_1 탱크회로 결합이 발진기 주파수를 결정, MOSFET 변조기

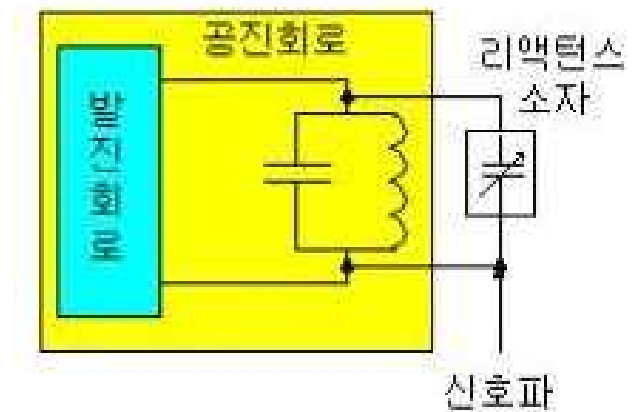
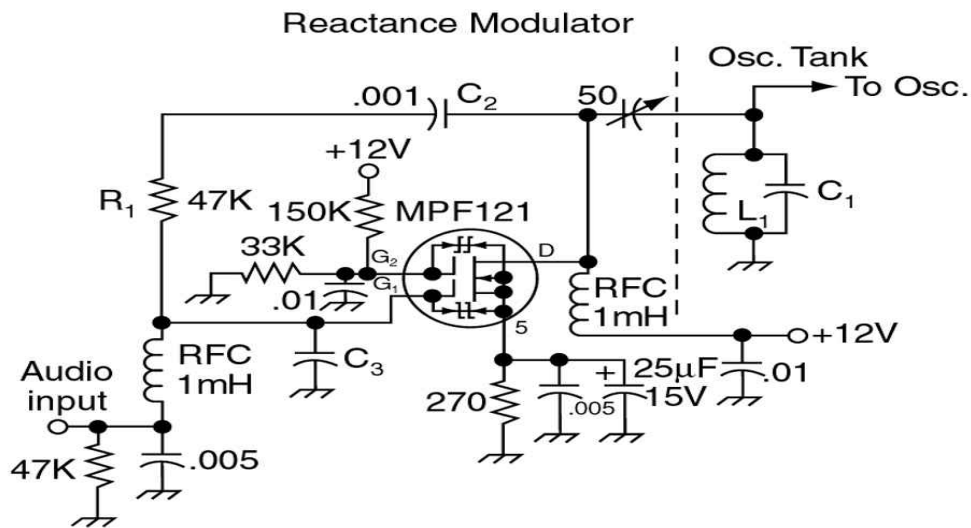


그림 6.5 MOSFET를 사용하는 리액턴스 변조기

간접 방식 FM

- 직접 방식 단점 : 회로 소자들의 본래 오차로 보정 없이 정확한 캐리어 주파수 제공할 수 없음.
- 간접 방식 (그림 6.6)

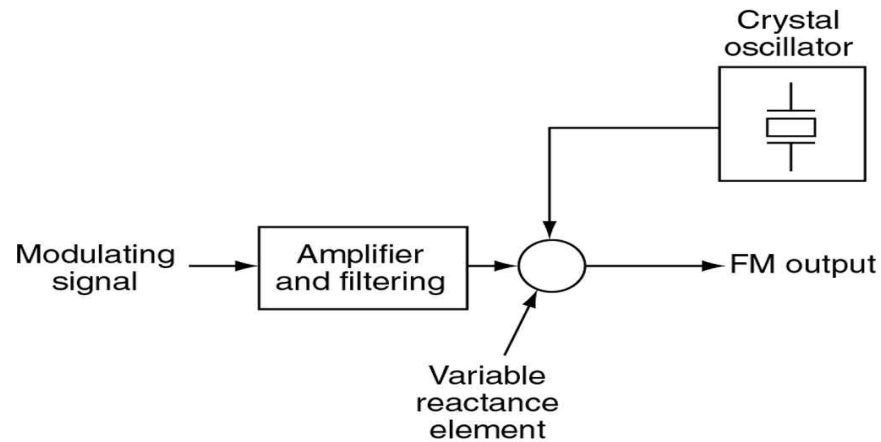
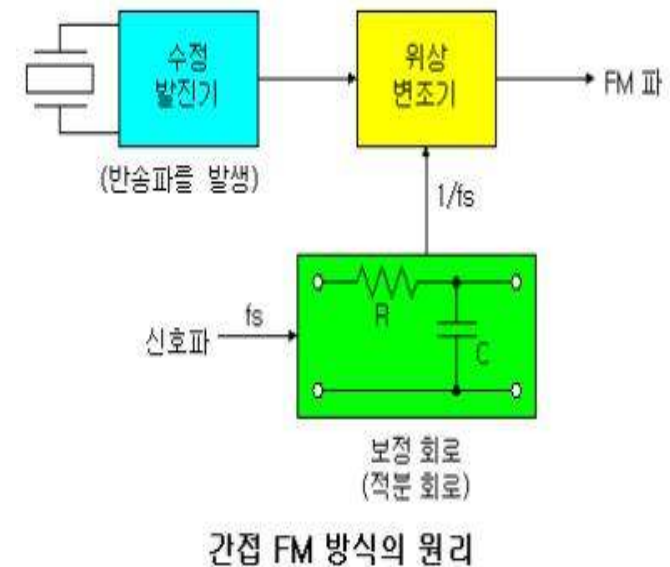


그림 6.6 정확한 캐리어와
안정적인 수정 발진기를
사용한 간접 방식 FM 송신기



간접 FM 방식의 원리

-> 기본 캐리어 주파수는 수정 발진 회로에 의해 결정

-> 주파수 곱셈이 핵심:

예) 1 MHz 캐리어와 ± 5 kHz 폭 측파대가 $\times 2$ 곱셈기를 통하면, $2 \text{ MHz} \pm 10 \text{ kHz}$ 신호가 됨

-> 기본적인 FM 과정 : 여러 단의 곱셈기를 사용하여 캐리어와 주파수 변이를 원하는 값으로 변화

예) $\pm 100 \text{ Hz}$ 주파수 변이인 2 MHz 를 $\times 2$, $\times 3$, $\times 3$ 곱하면, 캐리어는 $36 \text{ MHz} \pm 1800 \text{ Hz}$ 가 됨.

- 간접 변조 과정 (그림 6.7)

1. 저주파 캐리어를 변조하면, 캐리어 주변에 적은 양의 주파수 변이가 생긴다.
2. 캐리어와 주파수 변이를 $\times 36$ 인자로 곱하여, 양쪽 성분 모두가 곱셈 인자에 의해 증가된다.
3. AM 혼합과 저주파수 필터링에 의해 곱해진 캐리어를 낮은 주파수로 이동시킨다.
4. 캐리어와 주파수 변이에 $\times 72$ 인자를 곱하여, **캐리어와 주파수변이 모두를 최종으로 한다.**

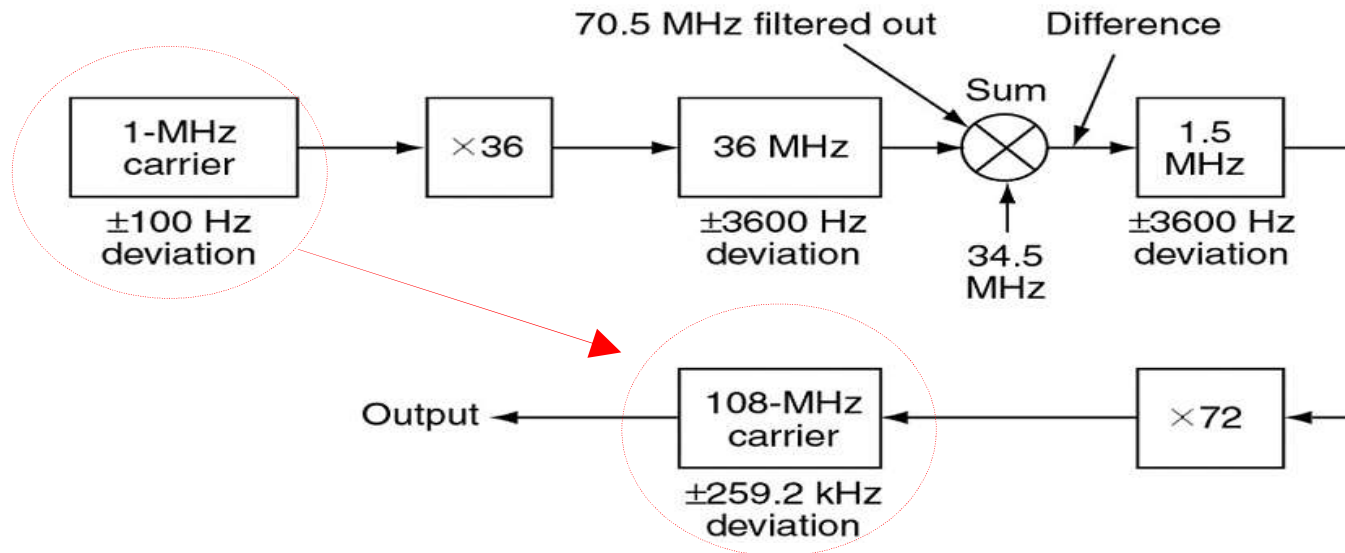


그림 6.7 주파수 제어 소자인 수정 발진기 한계를 극복할 수 있는 FM 발생에 사용되는 곱셈기 사용

- 곱셈기는 직접 또는 간접 변조 방식 모두 사용 (그림 6.8)

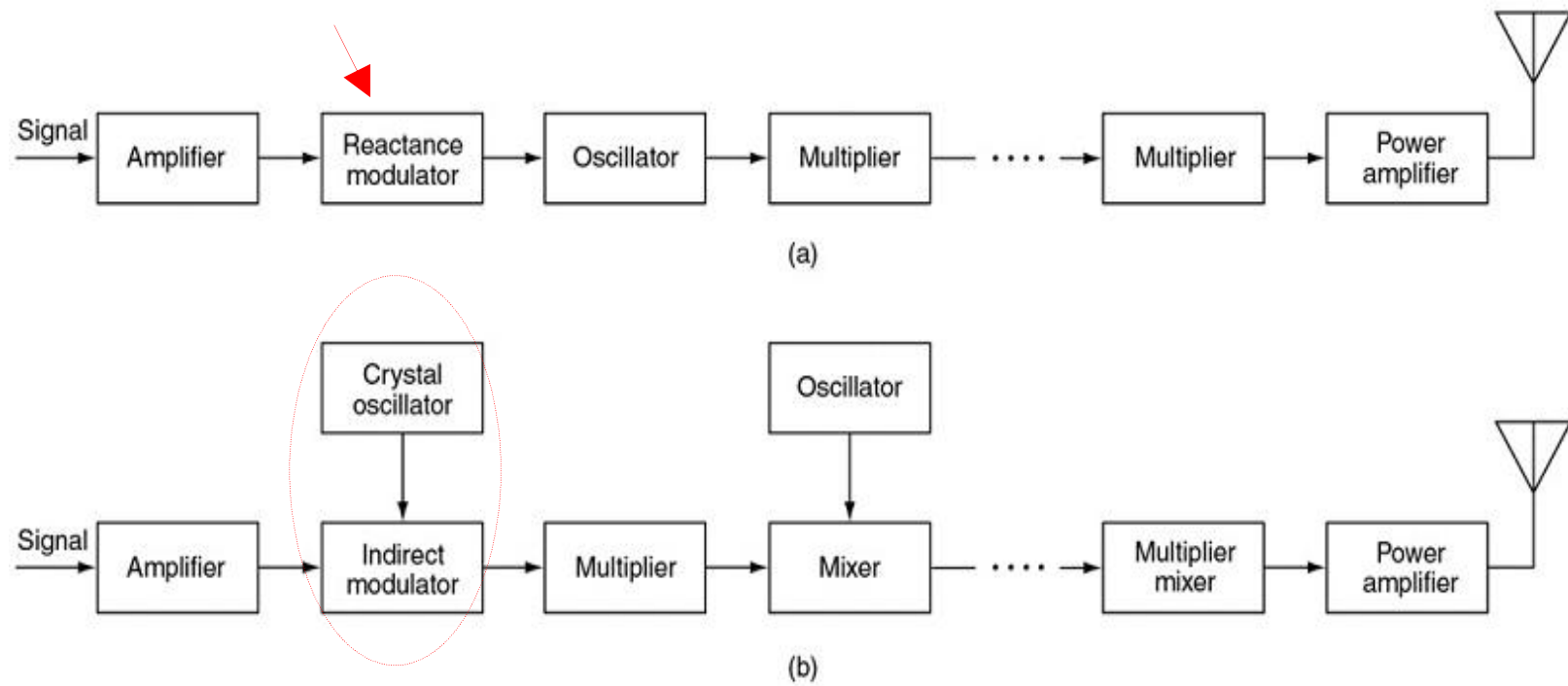


그림 6.8 (a) 직접 변조 방식 (b) 간접 변조 방식에서의 곱셈기들

스테레오 FM 방식과 송신기

- 스테레오 개념 : 방송실에서 음악을 듣는 환경과 같이 수신자 환경을 만드는 것
- 스테레오 시스템
 - > 왼쪽과 오른쪽 스피커에 두 가지 신호를 동시에 전송, 두 개의 분리된 방송 송신기 사용
 - > 대역폭이 두 배, 단일 채널 시스템인 모노포닉(monophonic) 방식과 호환이 안됨
- 스테레오 FM 방식 (그림 6.9) * Subsidiary Communications Authority (SCA)

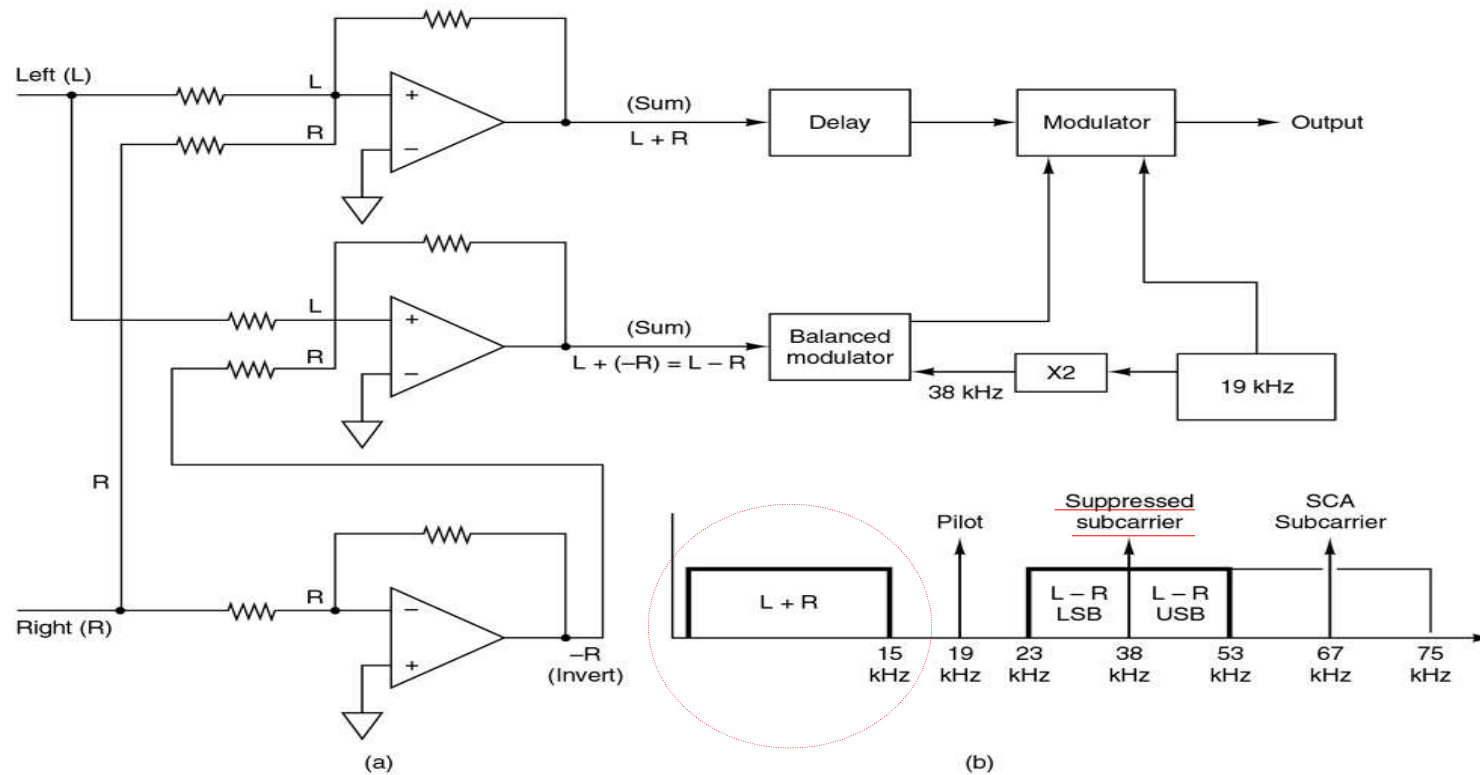
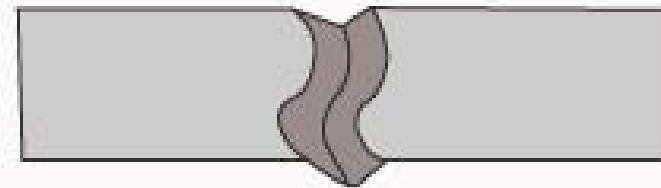


그림 6.9 스테레오 FM 송신기(a) 블록도 (b) 결과 스펙트럼

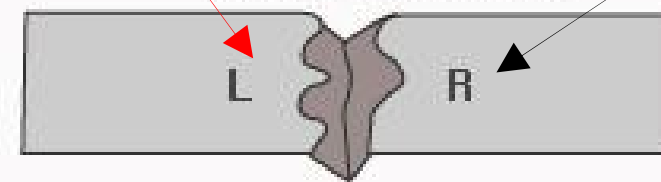
- 전체 방송 신호
 - > 신호원에서 얻은 왼쪽 채널 (L)과 오른쪽 채널 (R)로 구성, 각각 30 Hz에서 15 kHz의 대역폭
 - > 왼쪽 (L)과 오른쪽 (R)신호는 단순 회로로 결합, 합인 $L+R$ 과 차인 $L-R$ 신호가 된다.
- 송신기의 캐리어 변조
 - > $L+R$ 신호는 모노방식과 같이 캐리어 변조
 - > $L-R$ 신호 : 부반송파(subcarrier : 38 kHz) 와 평형변조기를 사용하여 주파수를 이동
- 평형변조기 출력 : $L-R$ 신호, 억제 캐리어를 가진 양측파대
 - > 하측파대 : $(38-15)=23\text{kHz}$ 저주파수 대, -> 상측파대 : $(38+15)=53\text{kHz}$ 인 고주파수 대역
- 대역폭 증가 없이, 여러 신호를 포함하는 기본 대역폭, 정보 다원화
 - > 스테레오 FM을 MPX 또는 멀티플렉스
- 부반송파 : 중심 주파수 - 38 kHz, 익사이터의 19 kHz 파일럿 신호를 제공하여 만듦.
- 변조기의 최종신호 (그림 6.9)
 - > 두 신호를 더한 $L+R$ 신호
 - > 억제된 양측파대가 변조된 $L-R$ 신호,
 - > 수신기에서 $L-R$ 신호의 적절한 복조를 위해 필요한 19 kHz 파일럿 신호



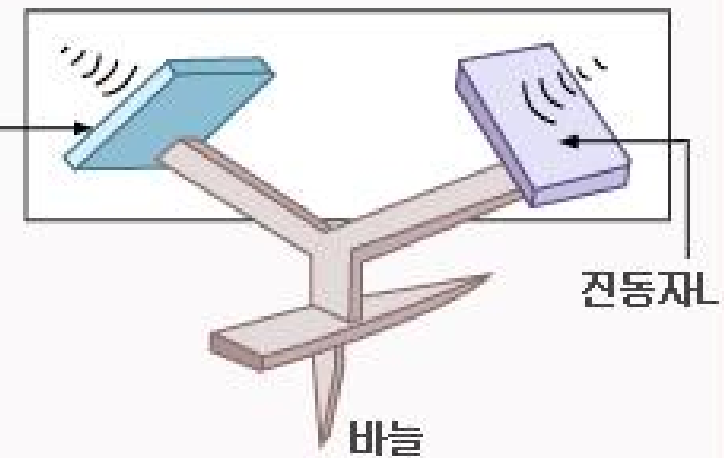
보통레코드의 홈



스테레오레코드의 홈



진동자R



진동자L

바늘

FM 송신기용 IC

- FM 송신기 : 일부 수동소자와 전력 증폭기 제외, FM 대부분의 기능이 IC 화 됨.
- 모토롤라 MC1376 모노리닉 IC (그림 6.10)
 - > 코드리스 전화기 응용, 완전한 FM 변조기, 캐리어주파수는 1.4 MHz - 14 MHz
 - > 그림 6.10 b : VCO 출력과 변조될 입력사이 관계,
 - > 1.76 MHz의 정규 캐리어, 2 V 인가할 때 1.55 MHz, 4 V이면 1.9 MHz

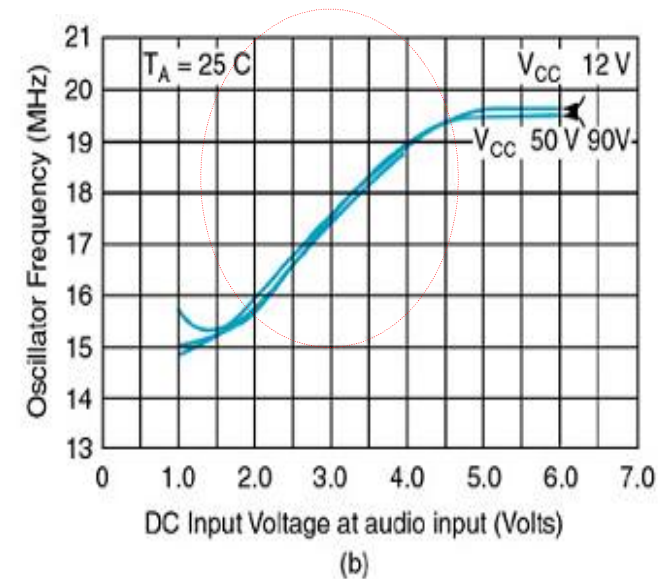
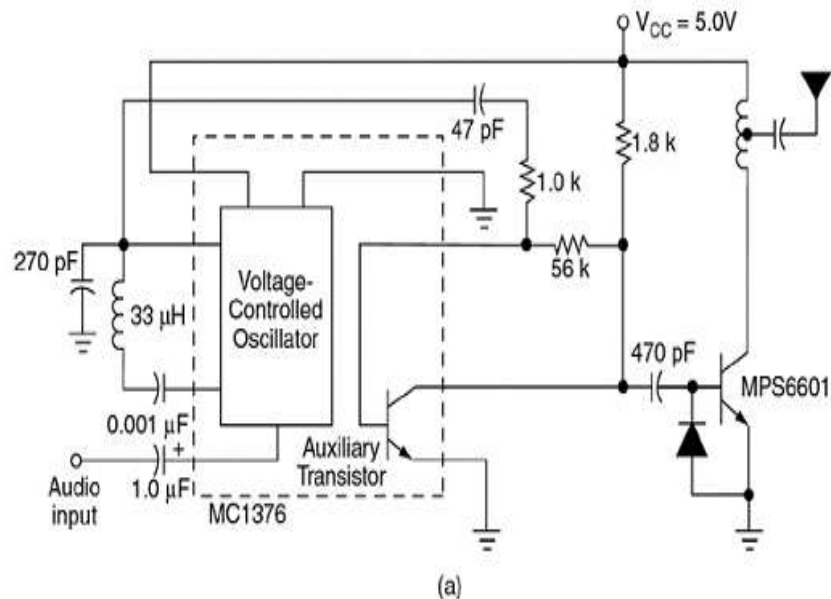


그림 6.10 (a) MC1376 FM 송신기 (b) VCO 주파수 대 변조할 입력 전압

6.4 수신기 기능

- FM 수신기의 고주파 단, 믹서, 국부 발진기 부분은 기본적으로 AM 수신기와 동일
- 국부 발진기 주파수는 AM 시스템과 동일 방법으로 결정
- 표준 FM 방송 대역의 IF 신호 : 10.7 MHz
- 자동이득제어 : 신호 크기를 고주파 단과 믹서 단에서 대략적으로 일정하게 함.

제한기

- 제한기 기능 : 진폭 변화 제거
-> 작은 규모의 자동이득제어 회로, 입력 기준으로 자동 조정되어 평균 출력 크기를 일정

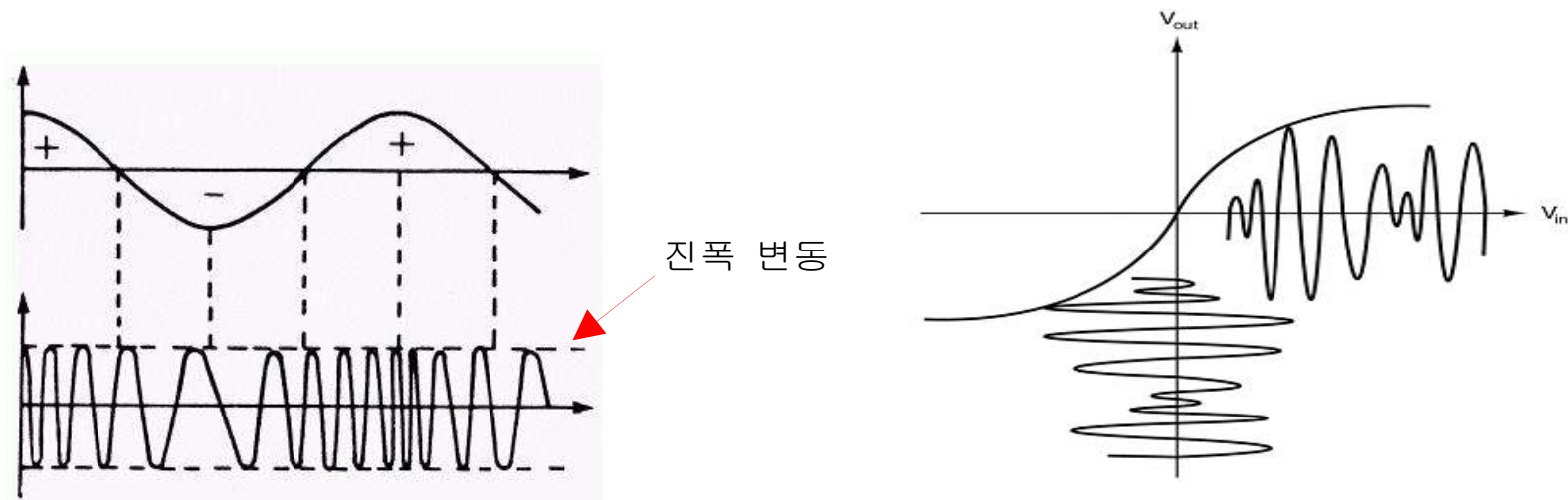
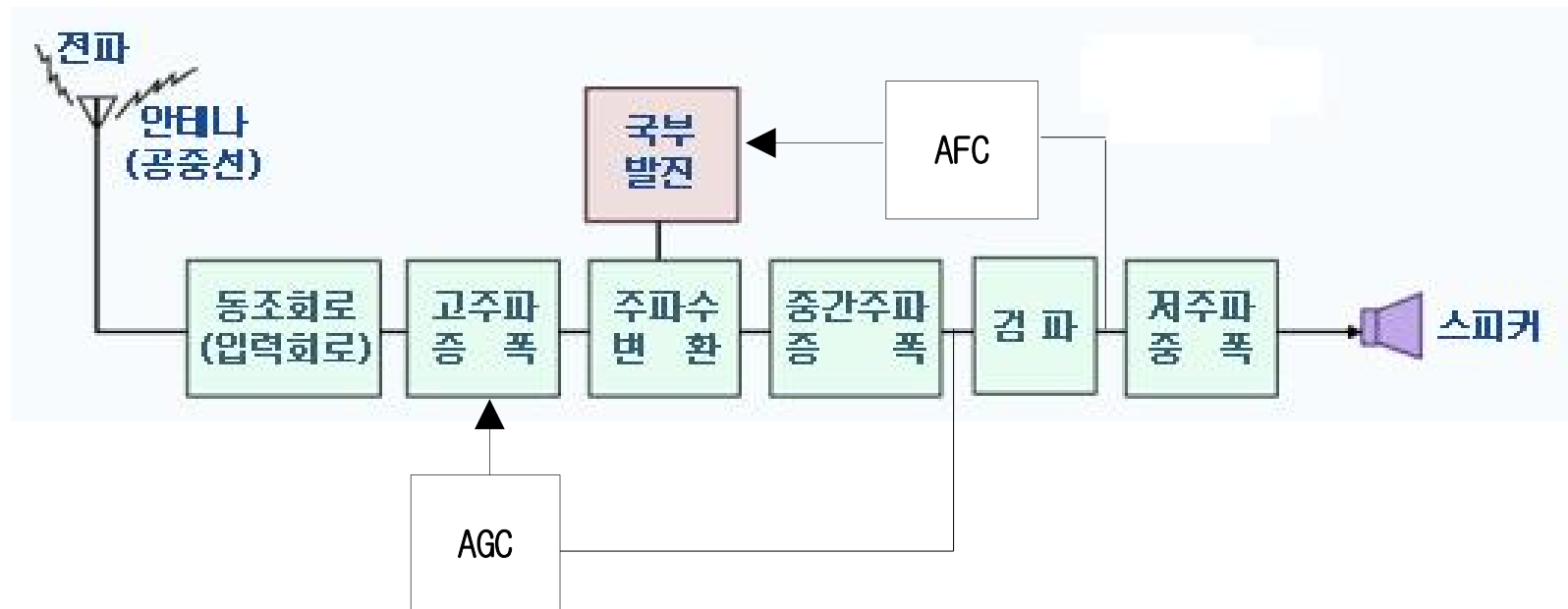


그림 6.11 제한기의 입출력 전달함수

자동 주파수 제어

- 자동주파수 제어(AFC) 기능

- > FM 수신기의 **국부 발진기는 매우 좋은 안정도**를 가져야 됨.
- > 주파수 변이에 의한 왜곡문제 해결 위해, 국부발진기는 신호가 중간주파 단 중심에 있도록 동작주파수를 조정되는 기능 회로
- > 포획효과로 (강한 캐리어 신호 근처에 있는 약한 캐리어 신호는 강한 캐리어를 향하여 이동) 수신기는 수동 스위치로 자동주파수 제어 기능을 동작 또는 차단



6.5 FM 복조기

- FM 신호의 복조기 (검파기)
 - > 중간주파 신호에서 변화된 주파수 성분을 얻음
 - > 변화된 주파수 성분을 분별하므로 주파수 분별기라고 함.
 - > 경사 검파기, 포스터실리와 비 검파기, 직교 검파기, 위상동기루프 검파기

경사 검파기

- 가장 간단한 FM 검파 방법
 - > 중간주파 필터의 주파수 응답 감소 대 주파수 특성을 이용
 - > 중간주파 필터는 필터 형태에 따라 다양한 대역폭과 형태인자, 감소 비율
- 필터의 입력과 출력 관계인 전달함수 (그림 6.12)

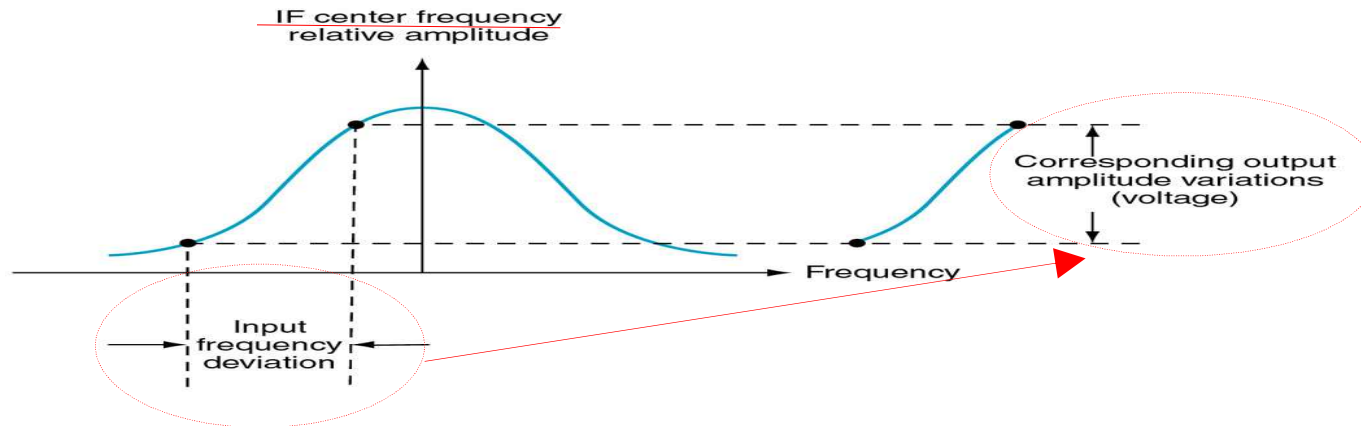


그림 6.12 경사 검파 방식을 사용한 FM 복조기의 전달함수

- 제한된 성능만을 제공
 - > 제한 동작이 매우 좋아야 됨.
 - > 입력의 주파수 변화와 복조된 출력 전압은 필터의 직선 기울기에 따른 선형관계
 - > 경사 검파기의 동작 신호 범위는 매우 제한적, 좁은 범위의 주파수에 적당하다.
- 경사 검파기 응용분야
 - > 경찰용과 소방서용 음성 FM 라디오와 같이 신호 왜곡과 품질이 덜 중요한 경우에 사용
 - > 긴급한 상황에서 AM 수신기를 FM 수신기로 변환시켜 사용

포스터실리 검파기와 비 검파기

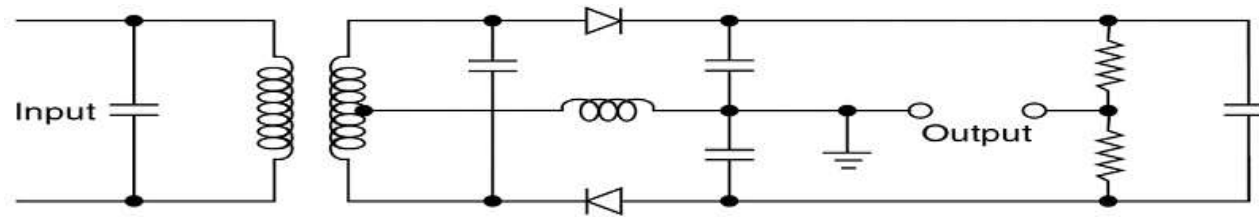


그림 6.13 FM 복조용 비검파기

- 포스터실리(Foster-Seeley) 검파기와 비(Ratio) 검파기는 동작이 유사
- 그림 6.13 변압기 양쪽에 있는 인덕턴스들은 두 개의 LC 동조회로의 한 부분
- 검파기의 동작 해석
 - > 정규 중간주파수인 공진 주파수에서, 일차 전압과 이차 전압은 정확히 90° 위상차이가 있다.
 - > 입력신호의 주파수가 공진 주파수보다 작거나 크면, 위상 차이에 따라, RC회로에 차이만큼 충전
 - > 다이오드가 역방향 바이어스가 되면, 방전하는 커패시터와 연결을 차단
 - > 입력 주파수가 중간주파수와 같으면, 출력 전압은 영, 중간주파수다 작으면 음(-) 값, 크면 양(+)
- 주요 단점은 신호의 균형과 결함을 위해 변압기가 필요
 - > 직교 검파기와 위상 동기 루프 방식의 사용의 증가

직교 검파기

- 직교 (Quadrature) 검파기 (그림 6.14)

-> 변압기가 필요 없고, 원하면 전체 FM 수신기 IC의 부분으로 구현

-> 직교 검파기의 아이디어는 복조된 입력신호와 위상 전이된 신호를 비교하는 것

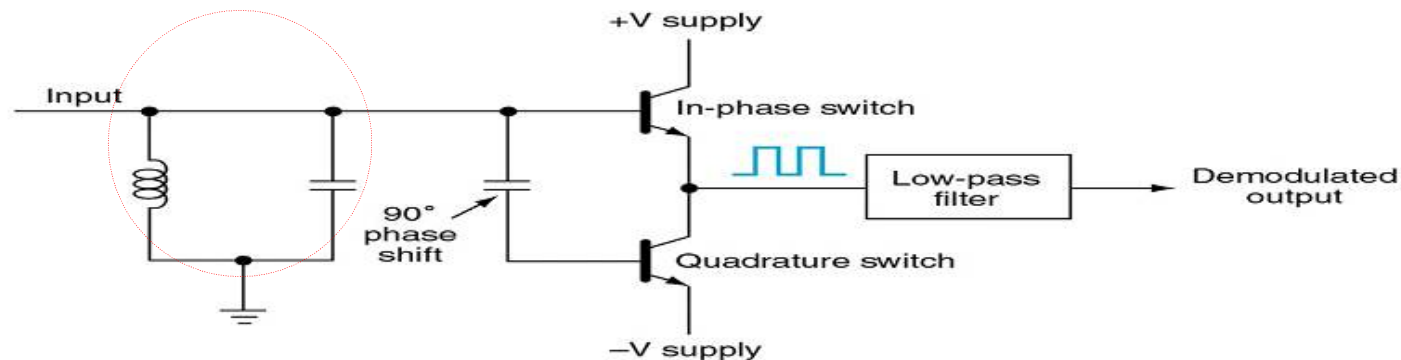


그림 6.14 FM 복조용 직교 검파기

- 위상 전이

-> 중간주파수에 공진된 LC 결합에 의해 수행, 위상전이 커패시터를 사용 정확한 90° 위상전이 제공

-> 수신신호의 주파수가 LC 공진 주파수와 다르면, 위상전이 된 양은 90° 와는 다르게 변함.

- 동작

-> 두 개 트랜지스터 스위치로 흐르는 전류 제어 위해, 중간주파 신호와 위상전이 된 신호 사용

-> 두 개 신호가 정확한 90° 위상 차이이면, 스위치의 개폐 비율은 1:1, 구형 펄스 열

-> 수신된 신호의 주파수가 정규 값이 다르면, 구형파가 아닌 펄스, 1:1보다 작거나 큰 개폐 비율

- IC 구현 회로 이유로, 대개 직교 검파기를 현재 FM 복조기 IC로 사용.

CA3089 FM IF 시스템 IC

- FM 수신기로 많이 사용되는 IC : CA3089

-> 단일 칩 안에 중간주파 증폭기, **직교 검파기**, 오디오 프리앰프, 자동이득제어, 자동주파수제어, 스켈치, 동조 미터 기능을 위한 추가적인 회로 등이 있음

-> 중간주파 증폭기는 세 개의 단

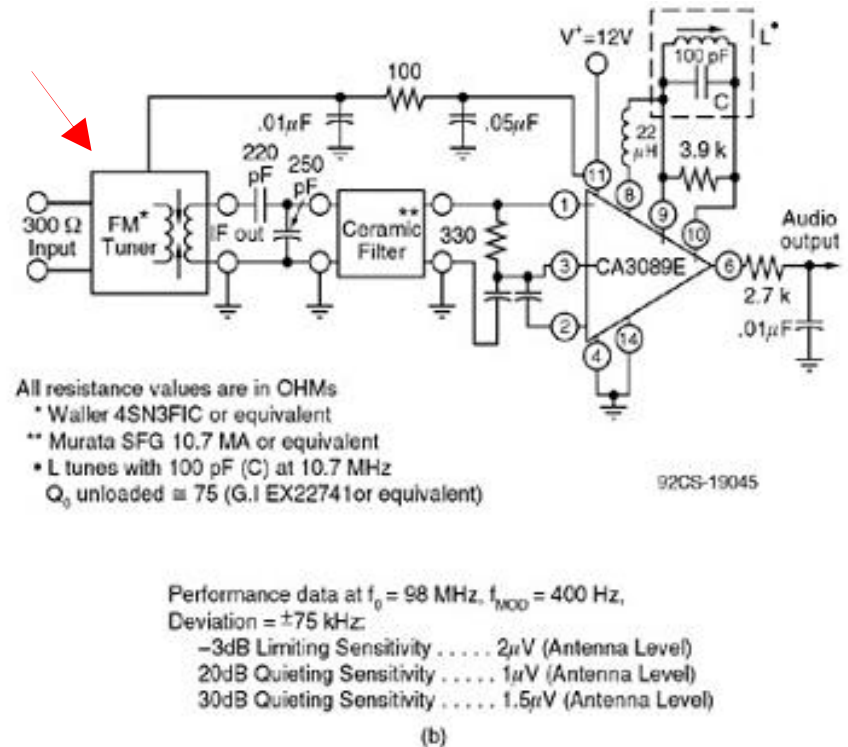
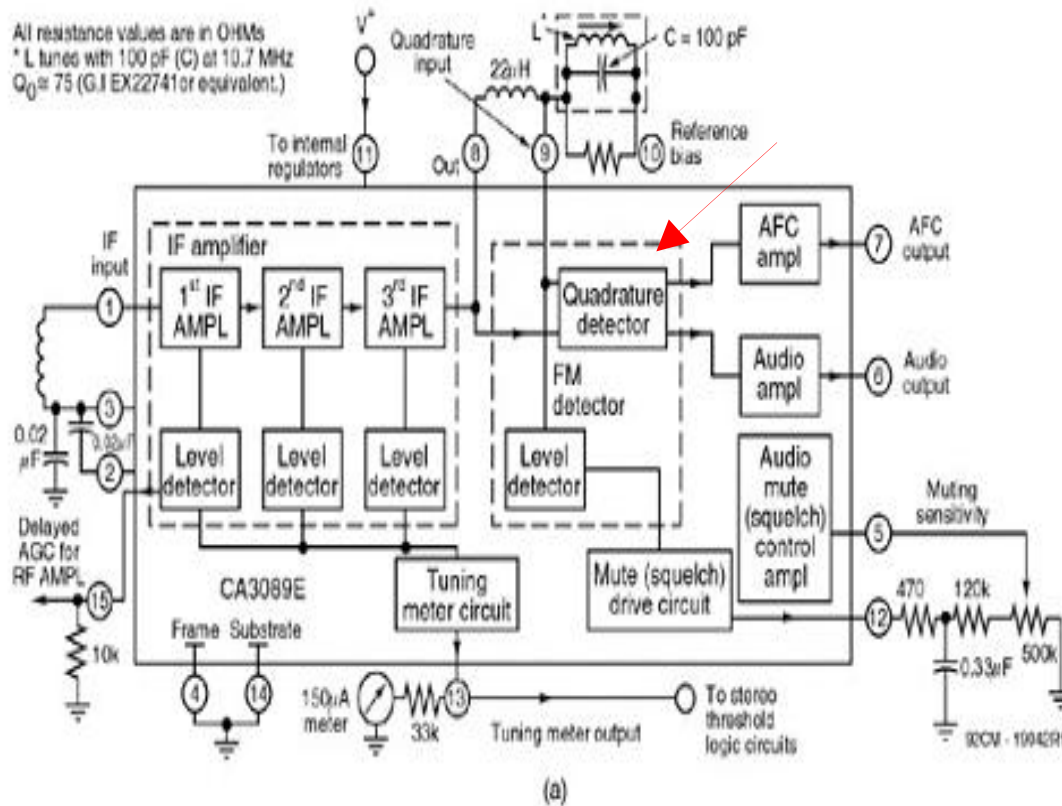


그림 6.15 CA3089 FM IF (a) 내부 블록도 (b) 수신기 응용

6.6 위상동기루프(PLL) 방식과 스테레오 복조

- 위상동기루프(PLL) 방식 : 가장 효율적인 FM 신호 검파 방식
- 기본적인 위상동기루프 (그림 6.16)

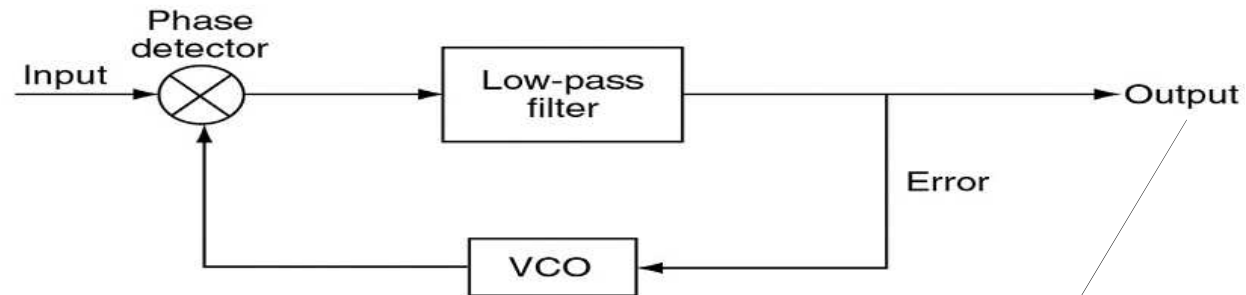


그림 6.16 위상동기루프의 블록도

- > 위상 검출기 : 두 입력의 상대적 위상 비교, 위상차이가 크면 큰 출력 발생, 곱셈기 회로 구현
- > 저역통과 필터: 위상검파기 출력에서 고주파 제거
- > 전압제어발진기(VCO): 인가된 제어 전압이 0 이거나 기준 값이면, 자주 주파수 발생, 주파수는 제어 전압에 비례, 자주 주파수 부근에서 위아래로 변함.

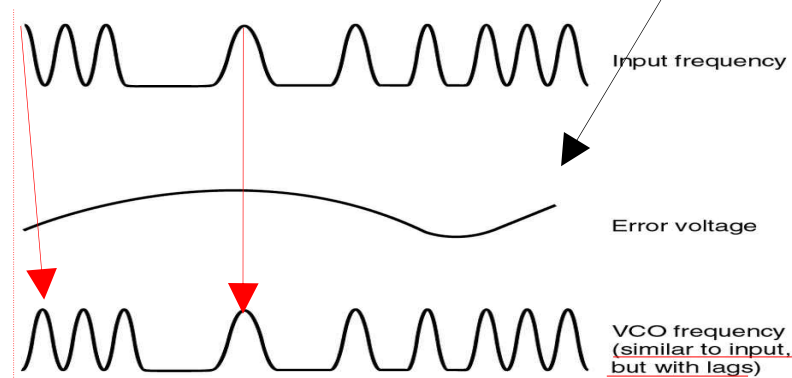


그림 6.17 위상동기루프의 입력/출력 동작

- 위상동기루프의 기능

- > 입력과 전압제어발진기 신호를 곱셈기로 비교, 저역통과 필터링, 위상 차이에 비례하는 직류신호
- > 두 신호의 차이인 오차신호는 전압제어발진기의 주파수 제어
- > 두 신호의 위상이 일치되면 전압제어발진기의 제어전압은 영, 주파수 불변
- > 위상차이가 있으면 전압제어발진기 출력 위상과 주파수를 변화시켜 입력에 맞추게 한다.
- > 입력과 전압제어발진기를 계속 비교, 두 신호의 위상차이를 자동적으로 고치는 페루프, 부궤환 방식의 시스템

디지털 위상동기루프

- 추적되는 신호가 클록 펄스로 구성
- 신호 형태 또는 포락선 보다 동기화 타이밍 등의 신호 속도가 관심이 있으면 유용
- 전압제어발진기는 조정 가능한 주파수를 가진 클록으로 대체
- 위상 검출기는 저장 값을 증가 또는 감소시키는 카운터 또는 누적기로 대체
- 누적기 값은 클록 주파수를 조정하는 데 사용
- 누적기의 넓이(비트 수)는 성능 결정 요인, 16 비트 넓이로, 0~65,535 까지 계수 가능
- 동작
 - > 두 신호가 동일한 주파수이면, 카운터는 변하지 않음
 - > 클록이 입력 펄스보다 빠르면, 누적기의 값은 증가, 클록이 입력 펄스보다 느리면, 누적기 감소

위상동기루프 필터

- 위상동기루프 장점은 **정확, 조정 가능한 필터** 제공하는 것
- 정규 회로 소자를 사용하면, 필터는 고주파에서 좁은 대역폭이 불가능, 50 MHz의 20 Hz 대역폭 불가능
- 위상동기루프 필터 기능
 - > **중심 주파수는 전압제어발진기로 정함, 대역폭은 저역통과 필터로 정함**, 서로 독립적
 - > 높은 캐리어 주파수, 최소 잡음, 좁은 대역폭인 우주 프로브에서 위상동기루프 자주 사용

위상동기루프 포획 (capture) 및 고정 (locked)

- 수신시스템이 켜지거나 새로운 신호를 처음 받는 경우
 - > 전압제어 발진기가 **새로운 신호에 고정될 수 있는 범위** : 위상동기루프 **획득 또는 포획범위**
 - > **신호를 포획하면 위상동기루프는 신호 추적** : 위상동기루프는 고정조건, 고정범위
 - > 고정범위는 항상 포획범위보다 크다.
 - > 추적 대역폭 : 획득한 대역폭에 비해 10 ~ 100% 정도 크다.

스테레오 FM 복조기

- 스테레오 FM 신호 복조
 - > 송신기의 19 kHz 파일럿 신호를 사용하여 $L-R$ 신호를 정확하게 복원
- 스테레오 FM 복조 IC (LM1800, 그림 6.20)
 - > 수신된 신호에서 $L-R$ 신호와 $L+R$ 신호를 얻는 복조 회로와 19 kHz 파일럿 복원 회로 포함
 - > 송신기 변조와 같이, L 과 R 신호인 최종 출력을 가지고, 매트릭스 회로의 역동작 수행

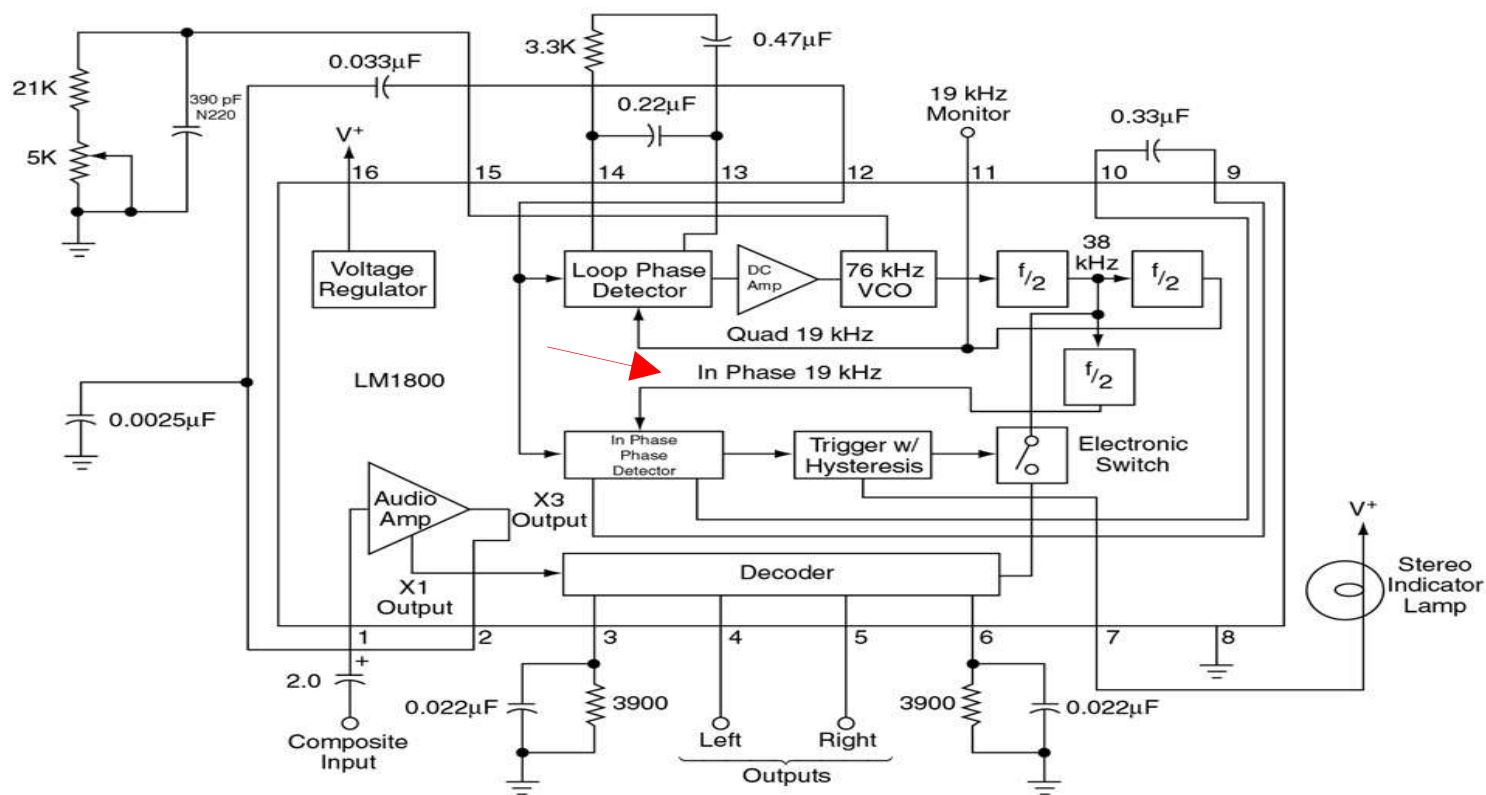


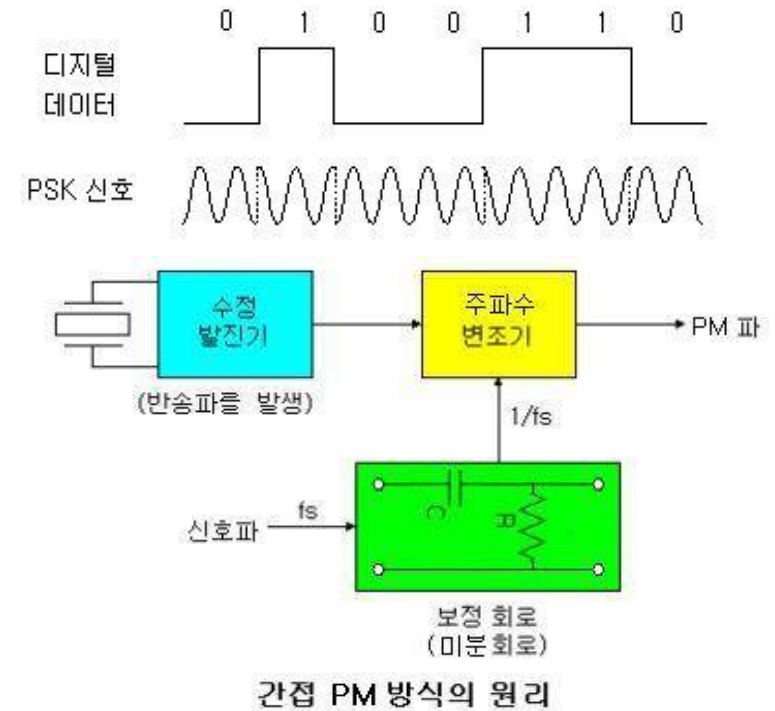
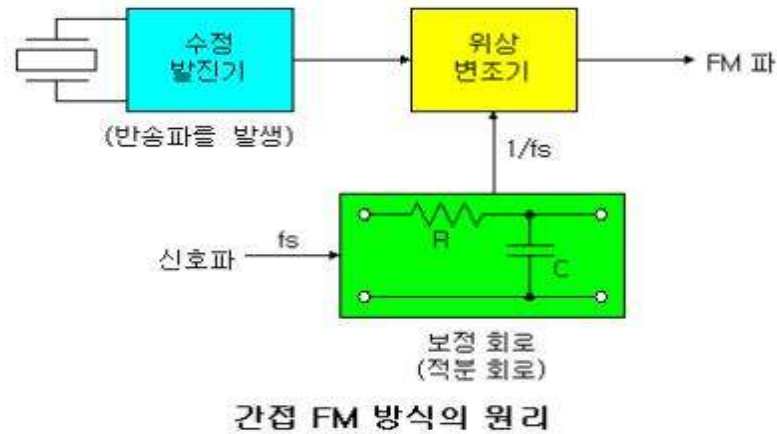
그림 6.20 많은 양의 회로가 포함된 LM1800 스테레오 FM 복조 IC

- 내부 블록도

- > 30Hz ~ 53 kHz 신호를 복조한 수신신호는 1번 핀에 인가
- > 19 kHz 파일럿 신호를 복원하고 복호기로 가서 L 신호와 R 신호를 실제 복조하고 재생산
- > 위상동기루프는 19 kHz 신호의 조화 주파수인 76 kHz에 고정 동작
- > 필터링은 $0.22\mu\text{F}$ 와 $0.47\mu\text{F}$ 커패시터, $3.3\text{k}\Omega$ 단일 저항에 의해 수행
- > 전압제어발진기 주파수는 RC 회로로 결정
- > 전압제어발진기 출력은 파일럿의 19 kHz 신호를 재생산, 두 개의 2분주 회로를 통과하는 신호
- > L+R 신호와 L-R 신호를 얻기 위해 직교 검파기의 변동을 사용하여 혼합된 입력을 복조
- > L+R과 L-R 신호를 더해 두 배 크기와 2L 신호 생산, 두 신호를 빼면 2R 신호
- > 신호 증폭 : $\times 2$ 회로

6.7 위상 변조

- 주파수 : 위상이 변화되는 속도, 위상의 미분 값.



- 캐리어를 인가 전에, 변조될 신호 스펙트럼을 만들고, PM 송신기를 사용, FM 시스템을 구현
- FM 방식 보다 PM 방식을 송신기로 사용한 이유
 - > 안정적 수정 소자를 사용한 캐리어로 주파수 변조보다는 위상 변조는 쉽기 때문이다.

6.8 AM과 FM 방식 비교

- 변조

-> FM/PM 방식 : 작은 신호에서 수행, **고효율 C급 전력 증폭기** 사용

-> AM 방식 : 작은 신호 변조 방식은 작은 왜곡, **최종단 A 급 증폭기** 필요

- 잡음

-> AM 방식 : FM/PM 방식보다 **잡음에 약함**, 정보 전달하는 변조 자체에 직접 영향

-> FM/PM 방식 : 진폭 변화는 크게 관련이 없고 사실은 **수신기의 진폭 제한기에 의해 제거**

- 잡음 극복 방법

-> AM 방식 : AM 대역폭은 그대로 유지, **전력 증가시켜 잡음 극복**

-> FM 방식 : **더 넓은 대역폭을 사용** 잡음 극복

- 전송전력의 효율성

-> AM 방식 : 비효율적 전력 낭비, 전력의 대부분이 캐리어에 있음.

-> FM/PM 방식 : **효율적**, 모든 신호 스펙트럼이 정보를 전달하기 때문

- 대역폭
 - > AM 방식 : 변조될 신호 대역폭의 두 배
 - > FM/PM 방식 : 변조될 신호 대역폭에 비해 일반적으로 열 배
 - > 협대역 FM 방식은 일반적인 FM 방식에 비해 작은 대역폭

- 방송용 주파수 대역
 - > AM 방식 : 550 ~ 1600 kHz
 - > FM 방식 : 88 ~ 108 MHz

- 모형화 및 분석
 - > 식과 구현이 AM 방식이 FM/PM 방식에 비해 매우 단순

FM/PM과 잡음

- FM과 PM 방식은 잡음 저항성이 있다고 강조
- FM 잡음 (그림 6.21)
 - > 변조된 파형의 형태가 앞서거나 지연되는 문제를 발생, 캐리어를 위상 변조하는 것처럼 보임
 - > 저주파수보다 고주파수에 더 심각한 영향, 매우 낮은 신호 대 간섭 잡음비, 전체 성능저하

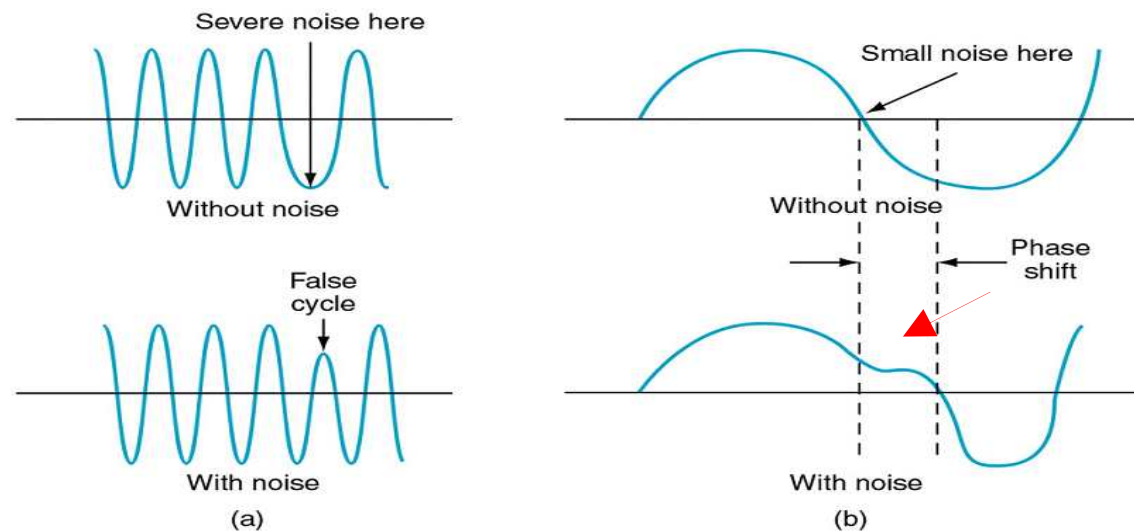


그림 6.21 FM 잡음 (a) 심각한 잡음에 의해 생긴 잘못된 사이클
(b) 위상 전이와 위상오차

- 잡음 해결 방법

-> 변조 전에 고주파 진폭 증가(프리엠파시스), 복조 후에 감소(디엠파시스)

-> 프리엠파시스와 디엠파시스가 일치되면, 정확한 신호 크기로 복원 가능

-> 표준 FM 방송국은 이런 방법을 사용 고주파수에서 효율적인 신호 대 간섭 잡음 비를 증가시킴.

-> 응답곡선 (그림 6.22), 2120 Hz에서 -3 dB 지점 $f = 1/2\pi RC$, 필터의 RC 시상수 $75\mu s$.

- 프리엠파시스와 디엠파시스

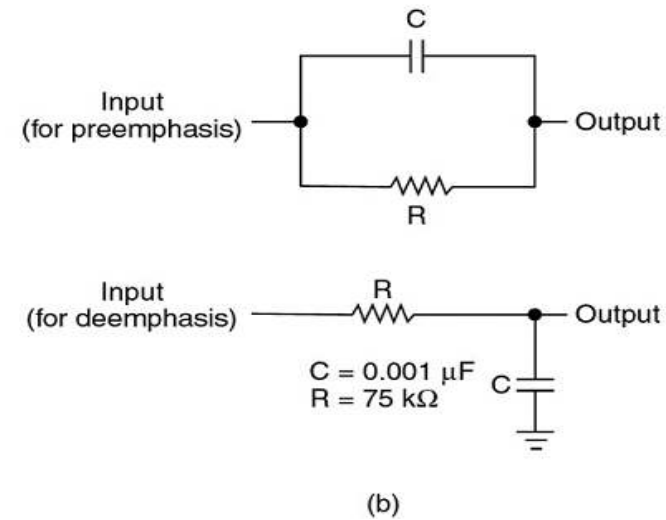
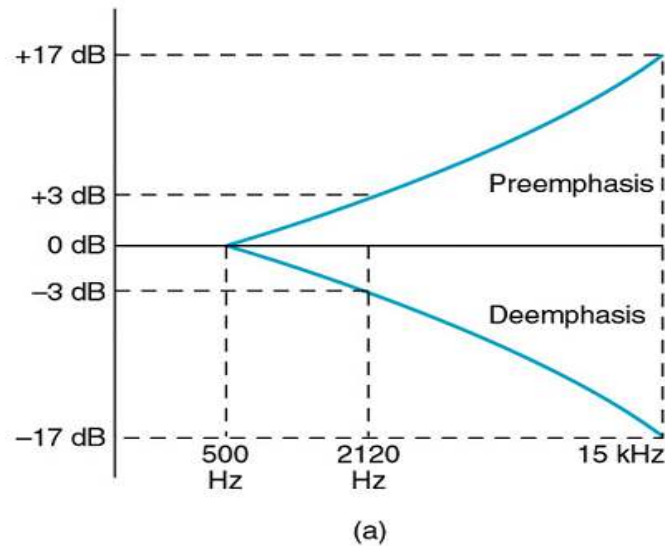


그림 6.22 (a) 표준 프리 엠파시스와 디엠파시스 특성 (b) RC 회로

6.9 FM 수신 시스템

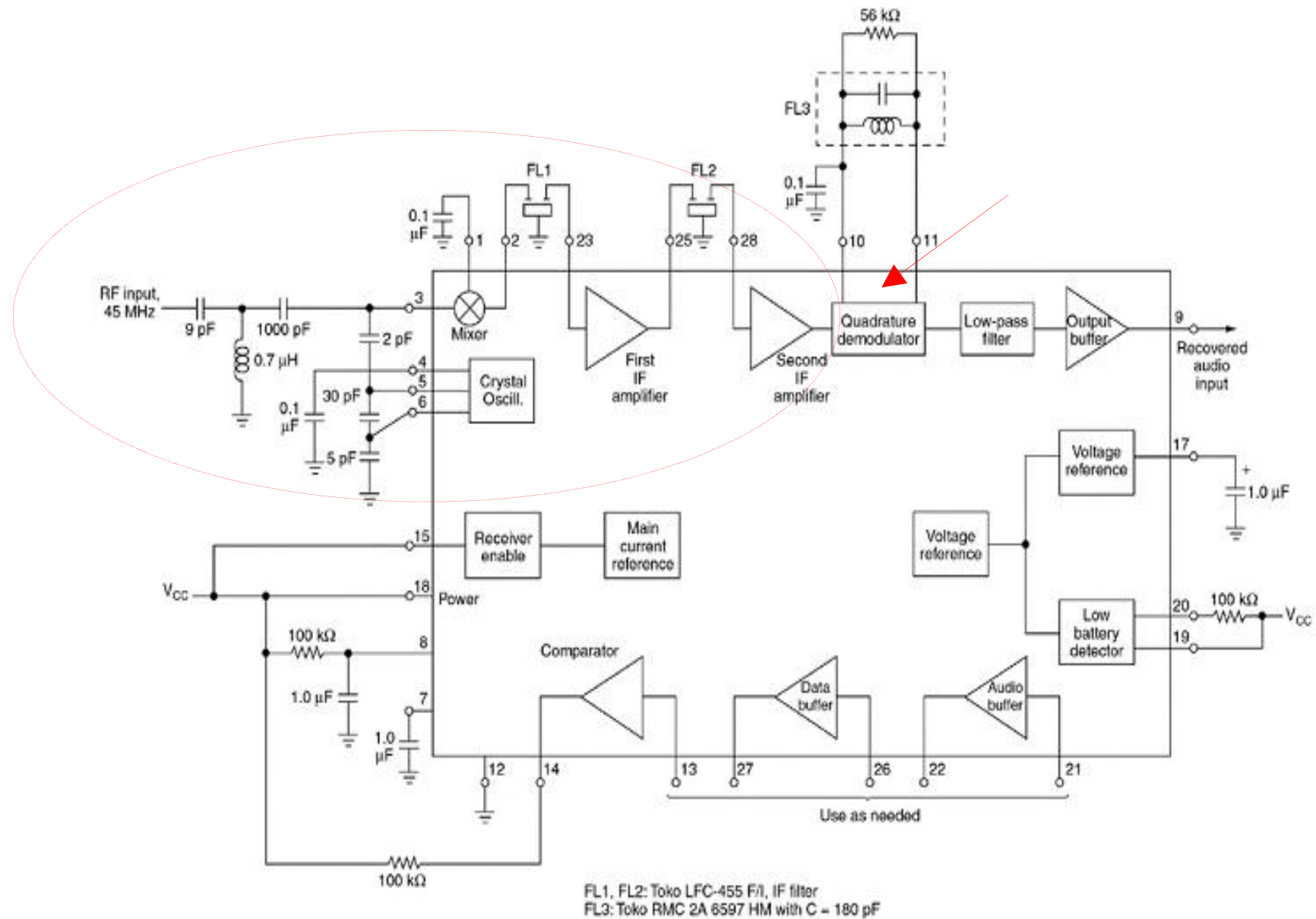
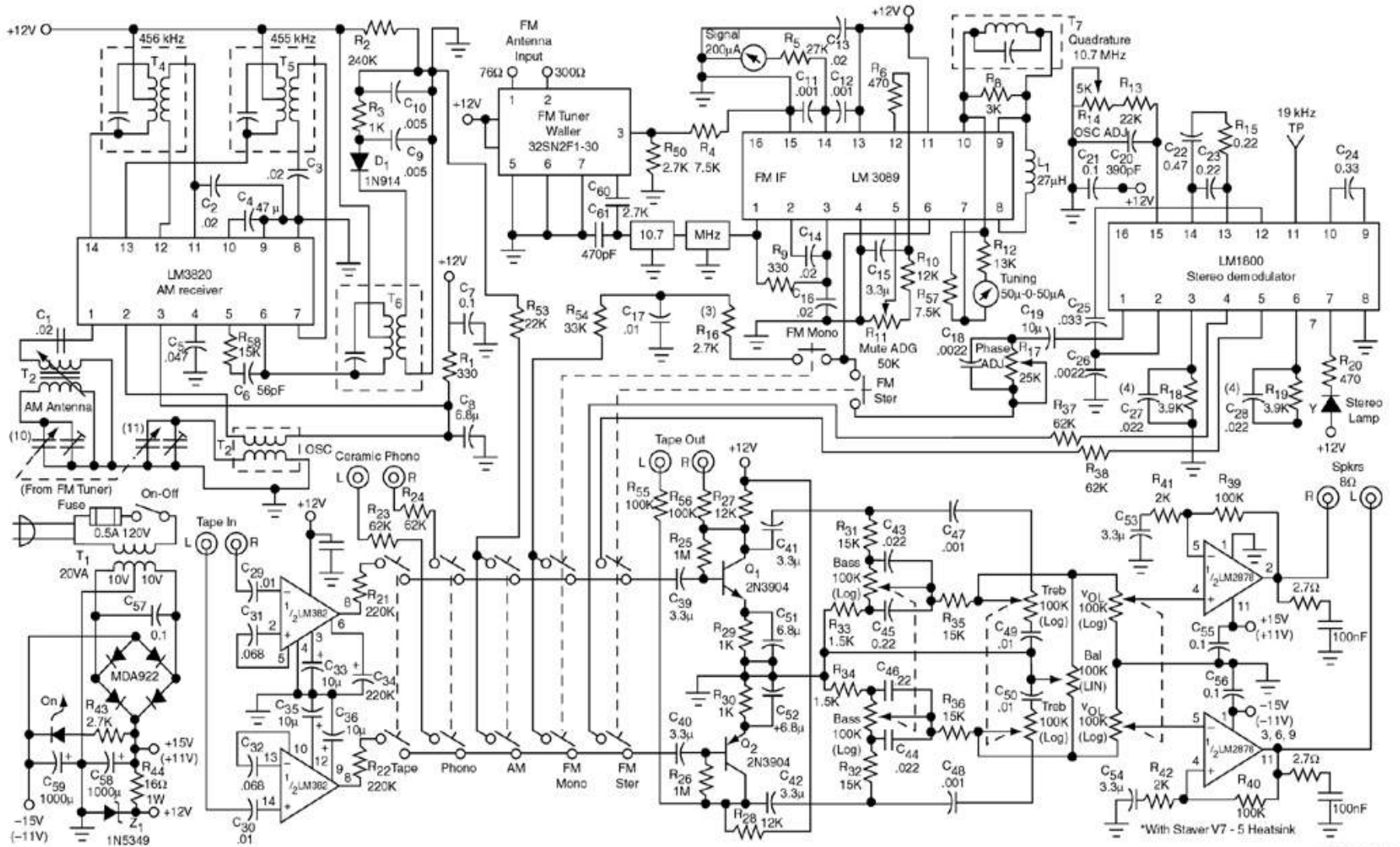


그림 6.23 MC3367 IC (완벽한 협대역 FM 수신기)

- MC3367 IC, 완벽한 단일 변환 FM 수신기 (그림 6.23)
 - > 배터리 공급, 트랜시버 (워키토기)인 저전력 협대역 FM 송신기/수신기에 사용
 - > 내부 구성 : 믹서, 국부 발진기, 두 개의 중간주파 증폭기, 제한기, 직교 검파기 포함
 - > 헤드폰이나 작은 스피커 구동 위해, 오디오 앰프와 결합 사용
 - > 믹서에 인가된 고주파단 주파수 : 75 MHz
 - > 한 개 인덕터, 커패시터, 저항, 두 개의 455 kHz 중간주파단 필터를 사용해 외부 IC에 연결
 - > 믹서 출력인 중간주파수 : 455 kHz
 - > 이미지 신호가 문제인 경우 : 더 높은 주파수인 10.7 MHz로 첫 번째 변환하는 이중 변환 방식 사용
 - > 저전압 검파기 회로 구현
 - > 경찰용, 공용 워키토기 또는 페이지 등의 정지된 동작을 관찰하는 라디오용으로 MC33670이 이상적



Note 1: All unmarked resistors in Ω s, 1/4W.
Note 2: All unmarked capacitors in microfarads.
Note 3: Omit for 50 μ s de-emphasis.
Note 4: Change to 0.015 μ F for 50 μ s de-emphasis.

TL/H/7250-6

그림 6.24 다섯 개 IC를 사용한 완벽한 AM/FM 스테레오 수신기

- 다섯 개의 IC로 구현된 완벽한 AM/FM/스테레오 수신기 (그림 6.24)
 - > 전체 신호 경로는 안테나에서 AM 수신기 IC, FM IF와 복조기를 거쳐 최종 증폭기에 도달
 - > CA3089 IC , LM3089 FM IF 시스템 IC, LM1800 스테레오 복조기 IC, LM3820 AM 수신기 IC
 - > 두 개의 연산 증폭기는 오디오 증폭 제공
 - > LM382 : 두 개가 있는 프리앰프, 오디오 신호원의 작은 크기 입력을 위해 사용
 - > LM378 : 전력 증폭기, 두 개의 스피커 각각에 3W 오디오 전력 공급

- 수신기의 성능 규격
 - > FM 신호에서 $2.5\mu V$ 의 민감도에서 30dB 정지동작
 - > 5 ~ 15 kHz의 FM 주파수 응답, 0.3%보다 작은 신호 왜곡
 - > AM 신호에서 $20\mu V$ 의 민감도에서 20dB 신호 대 잡음 비, 2%보다 작은 신호 왜곡

요약

- 주파수 변조와 위상 변조 : 잡음 저항성이 있는 신호 전송 제공
- FM과 PM 대역폭 -> 무한 값, 실제 제한, 변조 신호를 보존하고 최소 신호 왜곡
- FM과 PM송신기는 AM 송신기보다 복잡, 신호전송은 하이 레벨 변조 AM 방식에 비해 작은 크기로 수행
- 직접 방식의 익스사이터는 주파수를 결정하는 소자로서 바랙터 또는 다른 리액턴스 소자 사용
- 간접 방식 FM 또는 PM은 수정 소자를 사용, 안정적 예측 가능한 캐리어 생산
- FM과 PM 수신기는 AM 수신기에 비해 복잡
- FM 수신기는 신호 변동 제거를 위해 중간주파단에 자동이득제어 기능과 유사한 제한기 사용
- FM 검파기 또는 분별기는 필터에 근거한 경사 검파기, 포스트-실리/비 검파기, 직교 검파기 등이다.
- 위상동기루프는 신호 추적과 FM 복조에 사용되는 강력한 회로
- 프리엠파시스와 디엠파시스는 표준 FM 방송에서 변조신호의 고주파수 잡음을 최소화하기 위해 사용
- AM, FM, PM 변조 방식의 기술적 특징
 - > AM 방식은 간단, 작은 대역폭 필요, 잡음 영향
 - > FM과 PM 방식은 AM 방식에 비해 큰 잡음 면역성, 많은 대역폭 필요