

고출력 방송파가 통신선에 미치는 영향조사

최규형, 허윤석

1. 서 언
 2. 조사내용 및 결과
 - 2-1) 장애(간섭) 유도지역
 - 2-2) 방송유도에 따른 장애형태
 - 2-3) 전화선로 방송유도 레벨
 3. 모의 회로실험 및 유도상태 조사
 - 3-1) 유도신호 및 수신레벨 측정법
 - 3-2) 유도신호 청취 가능 전압
 - 3-3) 공급 전압별 유도신호 레벨
 4. 방송파가 선로에 미치는 유도전압의 이론적 고찰
 - 4-1) 이론적 해석
 - 4-2) 컴퓨터 시뮬레이션 및 고찰
 - 4-2-1) 유도전압의 케이블 길이 의존성
 - 4-2-2) 유도전압의 주파수 의존성
 5. 결 언
- 참고문헌

1. 서언

금세기 대중 전파매체 문명의 급속한 발달로 각종 송·수신 전자제품 수요가 증가되었고 상대적으로 상호간에 대한 전파간섭의 증대요인이 되었으며, 더욱 개선된 시·청취 방송품질을 제공받기 원하는 대중 저변에 확산된 정보욕구를 충족시키기 위하여 부득이 방송 송신출력의 증가를 필연적으로 수반하게 되었다. 아울러 70년대 경제발전 계획추진에 따른 도시화와 공업화의 산업발전이 인구의 도시집중 현상으로 나타났으며 이에 따라 주거지역이 밀집 팽대하게 되어 주거지역과 일정거리를 유지하였던 기존의 설치된 방송국 송신소 주변까지 자연히 택지로 변화되어 이들 송신소 주변의 전기통신 수용가에 고출력 방송파로 인한 전파간섭에 의한 장애요인이 심화되고 있어, 간섭장해 해소를 위한 개선방안의 필

요성이 대두되고 있다.

전파매체를 통한 고출력 송신에서 공중 가설된 전기통신 선로 및 전화기등에서 방송유도 현상이 완전 해소되지 못한 상태에서는 전화기 부분에서 통화품질이 저하되고 다이알의 오동작 요인을 유발하는등 사용자들에게 불편을 주고 있을뿐만 아니라 반송 또는 비디오 전송회선에 있어서 고출력 전파 주파수가 전송 시스템의 운용 주파수 이내인 경우에는 유도전파가 회선의 성능 저하요인으로 알려지고 있다.

이 간섭장해는 방송국 송신소 주변의 광범위한 영역에서 발생할 수 있어, 목전으로 다가온 정보화시대를 맞이함에 있어 데이터 및 비디오 전송 서비스가 늘어나게 될때에는 심각한 문제가 야기되리라 생각되어 년차적으로 충분한 검토와 연구가 있어야 될 것으로 사료되며 전화기 및 선로 유도 전압에 대한 조사자료를 소개하고자 한다.

2. 조사내용 및 결과

2-1) 장애(간섭) 유도지역

전국 방송구역도와 밀접한 관계가 있으며 알려진 지역의 일부는 다음과 같다.

가. 서울지역 : 개봉동, 오류동, 구로동, 신도림동, 신림동, 공항동, 독산동, 신대방동, 신길동, 화곡동, 신정동, 당산동, 상도동, 청담동, 여의도동, 서초동, 동작동, 삼성동, 반포동, 봉천동, 역삼동, 도곡동, 흑석동, 한남동, 제기동

—일부지역—

나. 경기지역 : 광명, 수원, 부천, 안양, 김포 5개 지역의 일부
다. 경남지역 : 김해, 울산, 진해, 진주, 합천, 마산 가포동 6개 지역의 일부
라. 부산지역 : 사직동, 대연동, 양정동, 용화동, 연지동, 초읍동 6개 지역의 일부
마. 경북지역 : 구미, 포항, 함양군, 율태읍, 영덕군, 청송군, 상주군, 구룡포, 경산군, 왜관, 달성군 11개 지역의 일부
바. 전남지역 : 광양군, 광산군 비아면, 2개 지역 일

부

사. 광주지역 : 양동, 동성동, 화정동 3개 지역 일부
아. 전북지역 : 전주, 김제, 이리, 남원 4개 지역 일

부

자. 충남지역 : 대전, 당진, 장항, 천안, 부여 5개 지역 일부

차. 충북지역 : 보은, 청주 2개 지역 일부

카. 제주지역 : 한림읍, 제주시, 북제주군 성산, 서귀포(하효동, 설목동) 4개 지역 일부

2-2) 방송유도에 따른 장애형태

- 1) Hook-off시 방송내용이 청취되며 다이얼의 오동작 및 동작불능 현상
- 2) Hook-on시 방송유도 현상이 커지며 Hook-off시에는 유도현상이 다소 감소됨
- 3) 방송유도를 받지 않는 지역 가입자와 통화시 쌍방에 방송내용 청취됨.
- 4) 기계식 전화기에 비해 전자식 전화기의 유도현상이 두드러짐.

2-3) 전화선로 방송유도 레벨

조사장소	방송주파수 및 출력		위 치 별 유 도 레 벨			
	출 력	주 파 수	인 근 주 택 가 (100m)		전 화 국 내 (500m)	
			전 계 강 도	선로유도레벨	전 계 강 도	선로유도레벨
개봉 신화관내 KBS 송신소 인근지역	50 KW	792 KHz	122.1 [dB]	4.1 [V]	84 [dB]	1.8 [V]
		639 KHz	121 [dB]	8.2 [V]	84 [dB]	3.2 [V]

표1 전화 선로 방송유도 레벨

3. 모의 회로실험 및 유도상태 조사

전화 선로에 유기되어 선로와 대지간에 나타나는 종신호(longitudinal signal) 세력에 대한 전화기의 유도상태를 조사하기 위한 실험을 의사 측정회로를 구성하여 행하였다.

3-1) 유도신호 및 수신레벨 측정법

본 모의 실험을 하기 위하여 그림 1과 같은 측

정 구성을 하였으며 각 측정회로는 그림2에서 자세히 도시하였다.

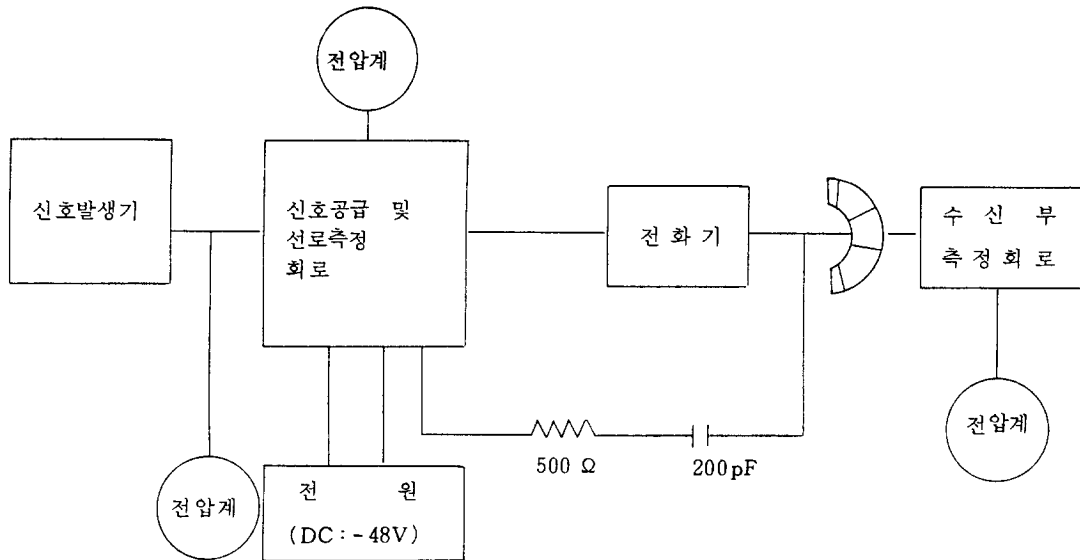


그림1 측정기 전체 구성도

다음과 같은 측정방법 절차를 통해 모의 회로 실험을 하였다.

- 1) 측정하고자 하는 전화기를 피측정기에 연결한다.
- 2) 통화시 인체에 의한 영향을 받는 것과 동일한 상태로 만들어 주기 위하여 송수화기 코드와 접지사이의 의사부하 조건을 만들어 준다.
- 3) 선로 측은 600Ω 순저항으로 중단한다.
- 4) 송화구로 부터 인입되는 소음방지를 위하여 외부소음으로부터 음량적으로 차폐시킨다.
- 5) 신호 발생기로 0.5-2MHz(표준방송영역)의 변조 주파수 1KHz, 60% 진폭변조된 RF 신호를 공급하고 선로측에 중단된 600Ω 양단에 나타나는 1KHz의 세력을 측정한다.

이때 유도신호 수신레벨 측정시에는 선택전압 측

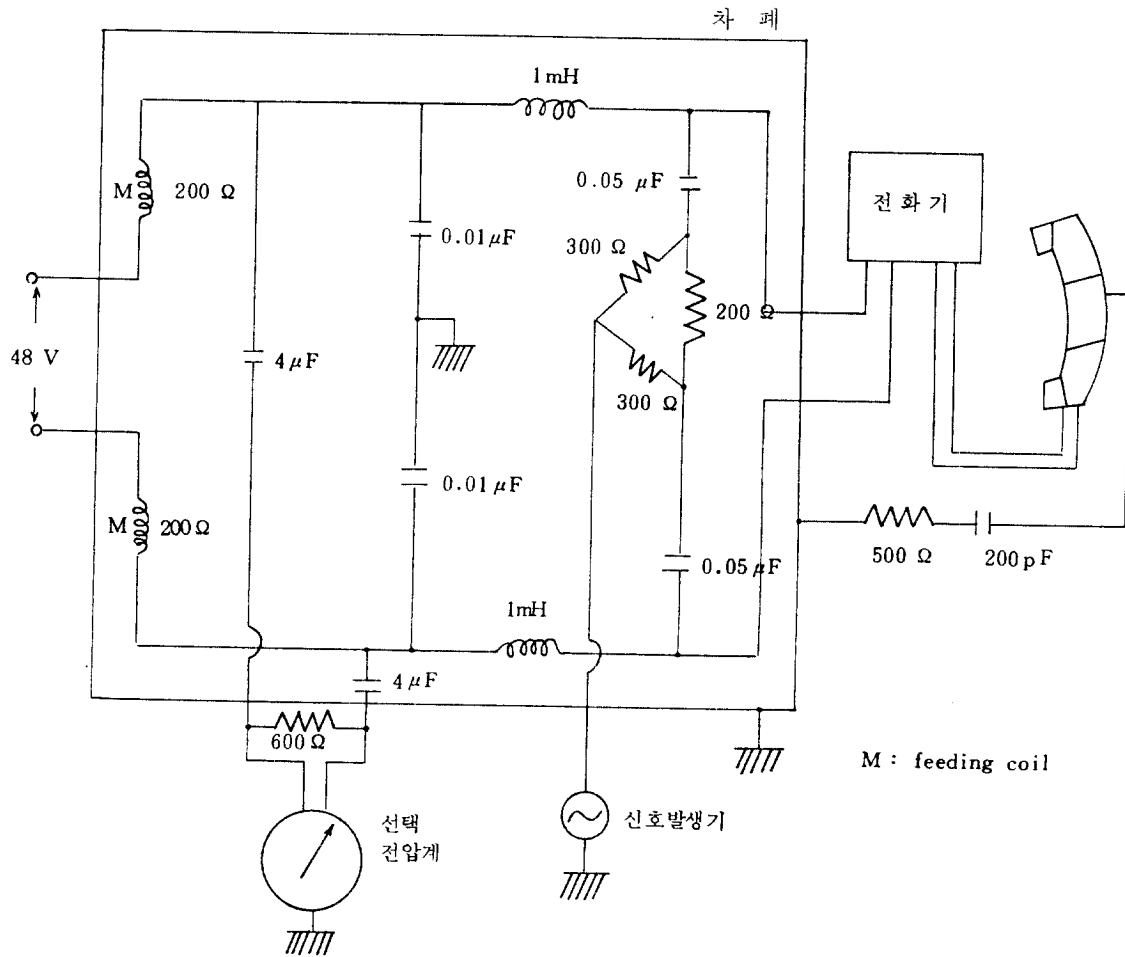
정기의 내부 임피던스에 의한 영향을 배제키 위하여 고임피던스로 평형된 증폭기(이득 0dB)를 수화기측에 연결하여 1KHz에 대한 레벨을 측정한다.

3-2) 유도신호 청취 가능 전압

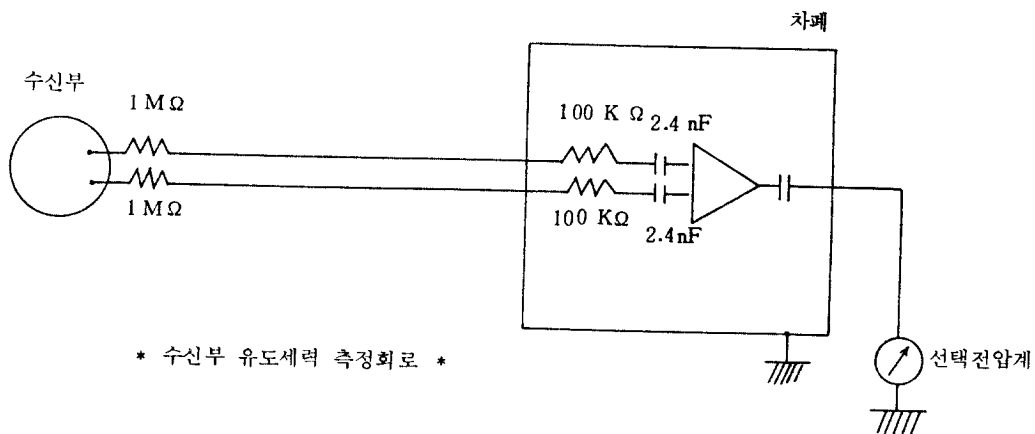
변조 주파수 1KHz, 진폭변조도 60%인 0.5-2MHz의 RF 신호를 전화기에 공급하여 유도신호 청취여부 조사결과는 표2에 보였다.

송수화기만 든 상태에서 67대중 47.8%인 32대가 공급전압 3V 이상에서 유도신호 청취 되었으며 4V 이상에서 청취된 대수는 40.3%인 27대 였다.

또한 송수화기를 든 상태에서 송수화기 이외의 부분(코드)을 손으로 쥐었을 경우는 50.7%인 34대가 1V이하에서 유도신호가 청취되었다.



• RF 신호공급 및 선로 송출레벨 측정회로



* 수신부 유도세력 측정회로 *

그림2 측정회로

구 분		공 급 전 압					
잡 는 부 위	조사대수	1 V이하	1 - 2V	2 - 3V	3 - 4V	4 - 5V	5 V이상
송 수 화 기	67	19	14	2	5	5	22
송수화기 및 코드	67	34	3	6	9	7	8

표2 공급 전압별 유도신호 청취

3-3) 공급 전압별 유도신호 레벨

동일 조건의 RF신호를 공급하여 유도신호의 수신 및 선로 송출레벨 조사결과 표준규격 자체 발생 잡

음레벨인 -67dBm이하의 레벨을 지시하는 전화기는 표3과 같은 결과값이 나왔다.

구 분		공 급 전 압 [V]								
	조사대수	2	3	4	5	6	7	8	9	10
수 신 부	29	2	1							
선 로 송 출	29	14	10	7	7	6	4	3	2	2

표3 공급전압에 따른 표준규격 기준 적합 전화기수

또한 임의 선택된 10개 모델 전화기를 선정하여 유도지역에서의 확인결과 선로와 대지간 유도전압 3.2V 지역에서는 의사측정 회로의 공급전압 3V에서

-51dBm이하의 레벨을 지시하고 있는 7 모델은 방 송유도로 인한 방송내용이 청취되지 않는 결과값을 보였다.(표4)

모 델 명	선로유도전압		공 급 전 압 별 수 신 레 벨 (dBm)								
	3.2 V	8.2 V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10 V
CK - 035	·	청취	-64	-58	-53	-49.5	-46.8	-44	-41.5	39.7	-37.3
CK - 782	청취	"	- 9	- 3.2	0.5	3	5	6	7.5	8.5	9
하모니 MFC	·	"	-58	-51	-46.3	-41.5	-38.4	-35.7	-33.5	-31.5	-29.3
파트너 II	·	"	-62	-55	-50.5	-46	-43	-41.5	-36.6	-34.1	-32.3
HD - 440 S	·	"	-67	-66.5	-63	-60	-57.5	-54.3	-52.5	-48.7	-47
HD - 550 S	청취	"	-50.5	-49	-47.5	-45.5	-43	-40	-39	-38.5	-34.5
그랑프리 202	·	"	-71.5	-65.5	-61.5	-57.7	-54.8	-52.2	-50.2	-48	-46.8
그랑프리 101	·	"	-81	-74	-48.5	-44.2	-42.5	-45	-36.5	-32.5	-28.5
1100 EMT	·	"	-68	-61.8	-57.7	-54	-56	-58.7	-58.8	-42.8	-28.5
201 EMT	청취	"	-24.5	-17.2	-12	- 8.3	- 4	- 2	0	1.5	

표4 유도 전압별 수신레벨

4. 방송파가 선로에 미치는 유도전압의 이론적 고찰

본절에서는 방송파가 통신선로에 미치는 유도전압을 수평 및 수직전계로 구분하여 선로상에서 나타날 수 있는 양단말 전압을 이론적 계산을 통해 그 값을 구하여 봄으로서 관례적 측정법의 타당성 여부 및 주파수 영향을 살펴보고자 한다.

지하 매설 선로 회선에서는 거의 관측되지 않으나 공중 가설된 통신선로에 입사하는 방송파의 영향문제(전파가 도달하면 대지 귀로회로에 유도전압이 유기된다)는 이의 기술적 중요성에도 불구하고 만족할 만한 해결방법이 모색되지 못하고 있는 실정이며 이에 대한 계속적인 개선방법의 연구가 진행중에 있다.

지금껏 선로 유도전압 발생원으로서의 전파가 지표면에 따라 전파되는 동안 대지 도전율의 유한성으로 생기는 수평전계 성분에 의한 영향만을 취급하여 왔으나 수직 전계성분에 의해서도 유도전압이 유기되기 때문에 이를 수평·수직 전계성분에 의한 각각의 통신선 단말에 발생하는 유도 전압을 주파수 및

선로길이 변화에 따른 값을 구하고 비교를 통한 수직 전계의 영향을 고찰하여 보고자 한다.

4-1) 이론적 해석

종래 유도전압은 전파의 수직 전계가 유한한 도전율의 대지상을 전파할때 진행방향에 기울고 그 수평 성분이 통신선상에 전압원으로 인가됨에 발생하는 것으로 생각되어 왔다. [3]

본 해석에서는 여기에 더하여 수직 전계성분에 의한 유도전압을 고려해서 계산한다. 이때 전파로부터 유도되는 전압의 이론적인 해석에 있어 다음과 같은 조건하에서 임을 가정한다.

- 1) 대지의 고유 저항이 동질이고 균일하다.
- 2) 케이블이나 배선이 지표면에서 일정한 높이에 직선으로 지지된다.
- 3) 전파의 전계는 일정한 세기와 일정한 입사각을 가지며, 케이블에 따른 위상변화가 균일하다.
- 4) 케이블은 양단에서 접지한다.

수직 전계성분과 수평 전계성분을 가진 전파가 완전도체상에 가설된 통신선에 입사되었을 때의 단위 통신선에 대한 등가 회로는 그림 1이다. [2]

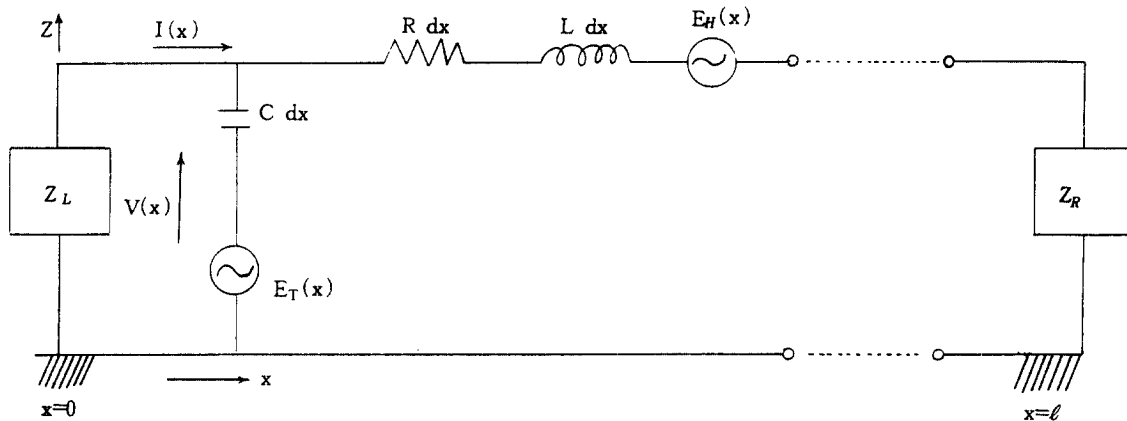


그림3 수평·수직 전계성분을 가진 전파가 입사되었을 때의 단위 통신선 등가회로

그림1에 대한 선로의 일반적 전송 방정식은 식(1)로 표현될 수 있으며 이로부터 통신선 양단말의 유

도전압 계산식을 방송파의 수직과 수평의 전기장 성분 고려에 의해 유도할 수 있다.

$$RI(X) + j\omega LI(X) + E_H(X) + \frac{\partial V(x)}{\partial X} = 0 \quad \text{식(1)}$$

$$j\omega C |V(X) + hEv(X)| + \frac{\partial I(x)}{\partial X} = 0$$

수직 전계성분에 의한 유도 전압이 검토되지 않은 이유는 이 성분에 의한 유도 기전력 적분로가 대지 도전율이 유한일때 명확하지 않은 것으로 생각되었기 때문인데 본 고찰에서는 대지 귀환 회로에 인가되는 전압원 중 수직 전계성분에 의한 것을 대지 도전율이 무한대일 경우와 동일하게 대지표면에서 통신선 까지의 전계의 적분치로 가정하여 계산을 행하였다.

또한 지표면을 따라 전파되는 전계에서 수직 전계 성분과 수평 전계성분의 비는 식(2)로, 여기서 무선국으로 부터의 거리와 송신기의 출력을 고려한 수직 전계 E_v 는 식(3)의 계산식에 의해 계산하였다.

$$P = \frac{E_H}{E_v} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r + j(\sigma + \omega \epsilon_0)}} \quad \text{식 (2)}$$

$$\equiv \sqrt{\frac{\omega \epsilon_0}{\sigma}}$$

$$E_v = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{1.5 P \omega \cdot Z_0}{2 \pi}} \quad [v/m] \quad \text{식 (3)}$$

σ : 대지 도전율 [s/m]

r : 안테나-선로 간 거리 [m]

PW : 송신소의 송출출력 [w]

Z_0 : 자유공간의 고유 임피던스 (=377Ω)

수직 및 수평전계에 있어서의 선로 양단말에 나타나는 유도전압의 계산 결과식은 식(4)와 식(5)로 표현할 수 있다.[1·2]

1) 수직전계 경우

i) $X=0$ 에서의 유도전압

$$V_v(0) = V_{ov}(0) + \frac{-\Gamma_L}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (1-\Gamma_R e^{-\tau l}) V_{ov}(0) \quad (\text{식 4-1})$$

$$+ \frac{-\Gamma_R}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (e^{-\tau l} - \Gamma_L e^{-\tau l}) V_{ov}(\ell)$$

ii) $X=l$ 에서의 유도 전압

$$V_v(\ell) = V_{ov}(\ell) + \frac{-\Gamma_R}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (1-\Gamma_L e^{-\tau l}) V_{ov}(\ell) + \frac{-\Gamma_L}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (e^{-\tau l} - \Gamma_R e^{-\tau l}) V_{ov}(0) \quad (\text{식 4-2})$$

$$* V_{ov}(0) = \frac{j\omega C Z_{oh} E_v}{2} \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma + j\beta \cos \theta) \ell}}{\gamma + j\beta \cos \theta}$$

$$* V_{ov}(\ell) = \frac{j\omega C Z_{oh} E_v}{2} e^{-j\beta \cos \theta} \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma - j\beta \cos \theta) \ell}}{\gamma - j\beta \cos \theta}$$

2) 수평 전계 경우

i) $X=0$ 에서의 유도 전압

$$V_H(0) = V_{oH}(0) + \frac{-\Gamma_L}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (1-\Gamma_R e^{-\tau l}) V_{oH}(0) + \frac{-\Gamma_R}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (e^{-\tau l} - \Gamma_L e^{-\tau l}) V_{ov}(\ell) \quad (\text{식 5-1})$$

ii) $X=l$ 에서의 유도 전압

$$V_H(\ell) = V_{oH} + \frac{-\Gamma_R}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (1-\Gamma_L e^{-\tau l}) V_{oH}(\ell) + \frac{-\Gamma_L}{1-\Gamma_L\Gamma_R e^{-2\tau l}} (e^{-\tau l} - \Gamma_R e^{-\tau l}) V_o(0) \quad (\text{식 5-2})$$

$$* V_{oH} = -\frac{E_H \cos \theta}{2} \cdot \frac{1-e^{-(\gamma + j\beta \cos \theta)\ell}}{\gamma + j\beta \cos \theta}$$

$$* V_{oH}(\ell) = \frac{E_H \cos \theta}{2} e^{-j\beta \cos \theta \ell} \cdot \frac{1-e^{-(\gamma - j\beta \cos \theta)\ell}}{\gamma - j\beta \cos \theta}$$

4-2) 컴퓨터 시뮬레이션 및 고찰

4-1) 절의 이론식을 IBM/PC-AT로 모의 실험해 보았다.

계산에 사용된 요소들을 표5에 정리하여 보였고 이들 요소값들은 가정 조건하에서 이상적인 형태의 근사 조건 부여에 의하여 고려하였다.

선 로 길 이 (ℓ)	1 - 500m 까지 변화에 의한 유도전압의 도선 길이 의존성 조사
주 파 수 (f)	0.5 - 2MHz 의 표준방송 대역. 유도 전압의 주파수 변화 의존성 조사
송신 안테나 - 측정지점 간거리	2 km
대지-선로간 높이 (h)	1.8 km
선로의 반경 (a)	1 cm
$R = \frac{\ell}{\sigma \pi a^2}$ $C = \frac{\mu_0 \ell}{2\pi} (\ln \frac{2h}{a} + \frac{\mu \gamma}{4})$	동축케이블 이론에 의한 회로해석 [5.6]
$C = \frac{2\pi \epsilon_0 \ell}{\ln(\frac{\ell}{a} \cdot \frac{4h}{\ell + \sqrt{\ell^2 + 16h^2}})}$	대지를 완전도체로 할때의 유한도선의 공중대지 정전 용량 [5.6]
전파의 진행방향과 통신선 수평면이 이루는 각도 (θ)	31°
임피던스 Z_L, Z_R	15 Ω
$X = 0$ 에서 전류 반사계수 Γ_L $X = \ell$ 에서 전류 반사계수 Γ_R	$\Gamma_L = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L}$ $\Gamma_R = \frac{Z_0 - Z_R}{Z_0 + Z_R}$
특성 임피던스 Z_0	$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{j\omega C}} \equiv \sqrt{\frac{L}{C}}$
전파 정수 γ	$\gamma = \sqrt{j\omega C (R + j\omega L)}$
전파의 위상 정수 β	$\beta = \omega \sqrt{LC}$
자유 공간중의 위상 정수 β_0	$\beta_0 = 0.58 \times \beta$ (이론값)

표5 계산 요소들의 조건 값

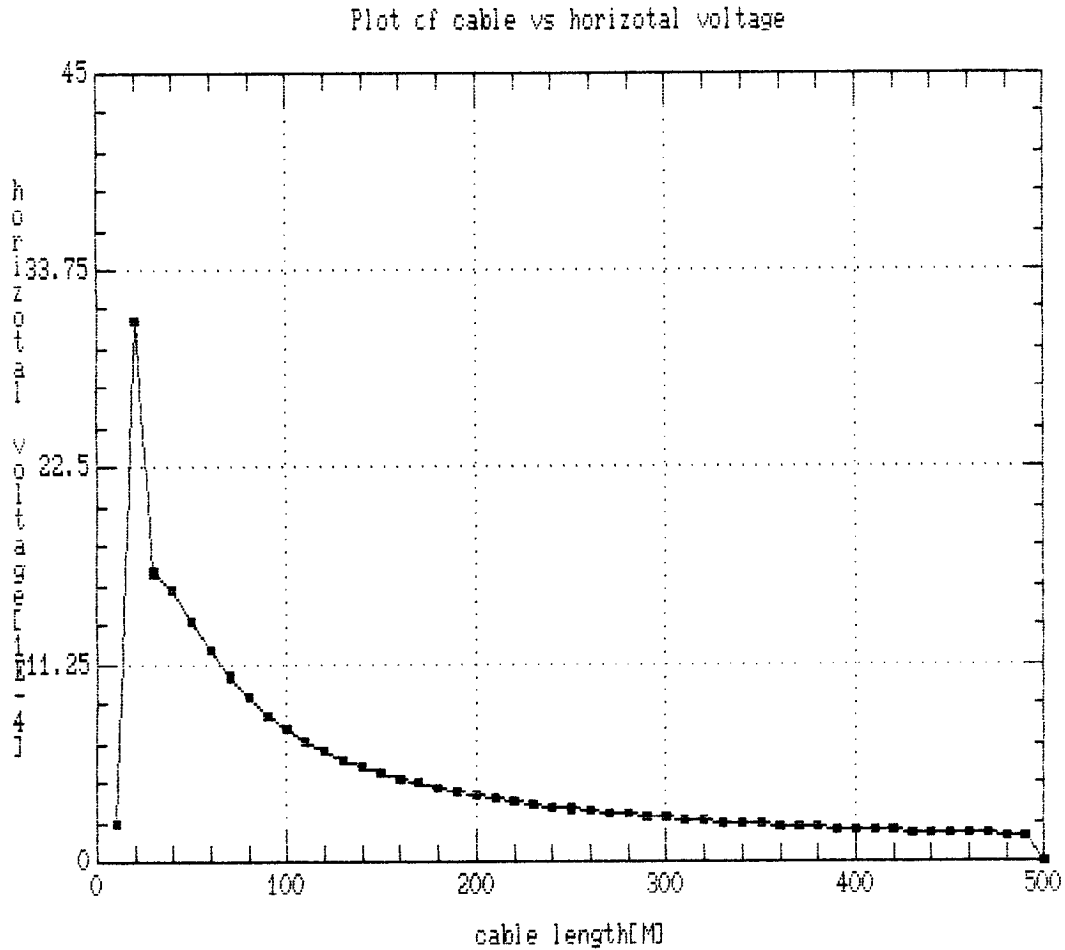
4-2-1) 유도 전압의 케이블 길이 의존성

그림4는 케이블(통신선로) 길이가 1-500m로 변화할때의 수평과 수직 전계의 양단말에 유도되는 전압의 계산 결과 값이다.(SGSC Plot 패키지 이용)

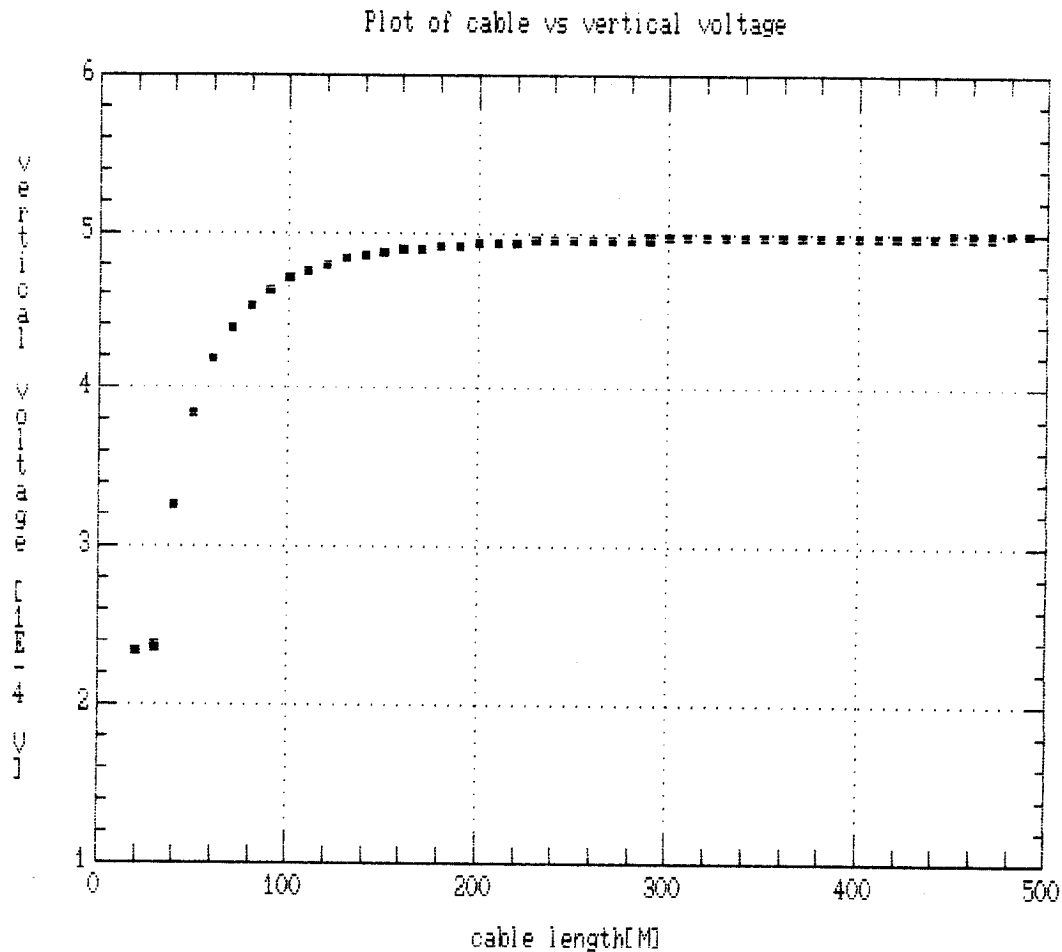
계산 가정조건은 표5의 조건과 주파수 640KHz, 송신전력 50KW이하에서 행한 것이다. 케이블 길이가 증가함에 따라 수직전계 영향 유도전압은 200m

이상에서는 그 영향 비율이 큰값을 보이고 있으나, 수평전계 영향 유도전압은 길이가 짧을 경우는 그 영향 비율이 큰값을 보이고 케이블 길이가 길어질수록 그 값이 감소함을 보여주고 있다.

따라서 선로 길이가 길어질수록 수평보다는 수직 전계성분에 의한 유도전압의 영향이 지배적임을 알 수 있다.



(케이블 길이 변화에 따른 수평 전계유도 전압)



(케이블 길이 변화에 따른 수직 전계유도 전압)

그림4 유도 전압의 케이블 길이 의존성

4-2-2) 유도 전압의 주파수 의존성

공중 가설 통신선에 생기는 유도전압중 수직 전계 성분에 의한 유도전압과 수평 전계성분에 의한 유도 전압의 주파수 의존성을 이론식에서 해석하여 보았다. 그림5는 주파수 변화에 따른 유도전압의 결과 값을 SGSC Plot 패키지를 이용한 결과 도표이다.

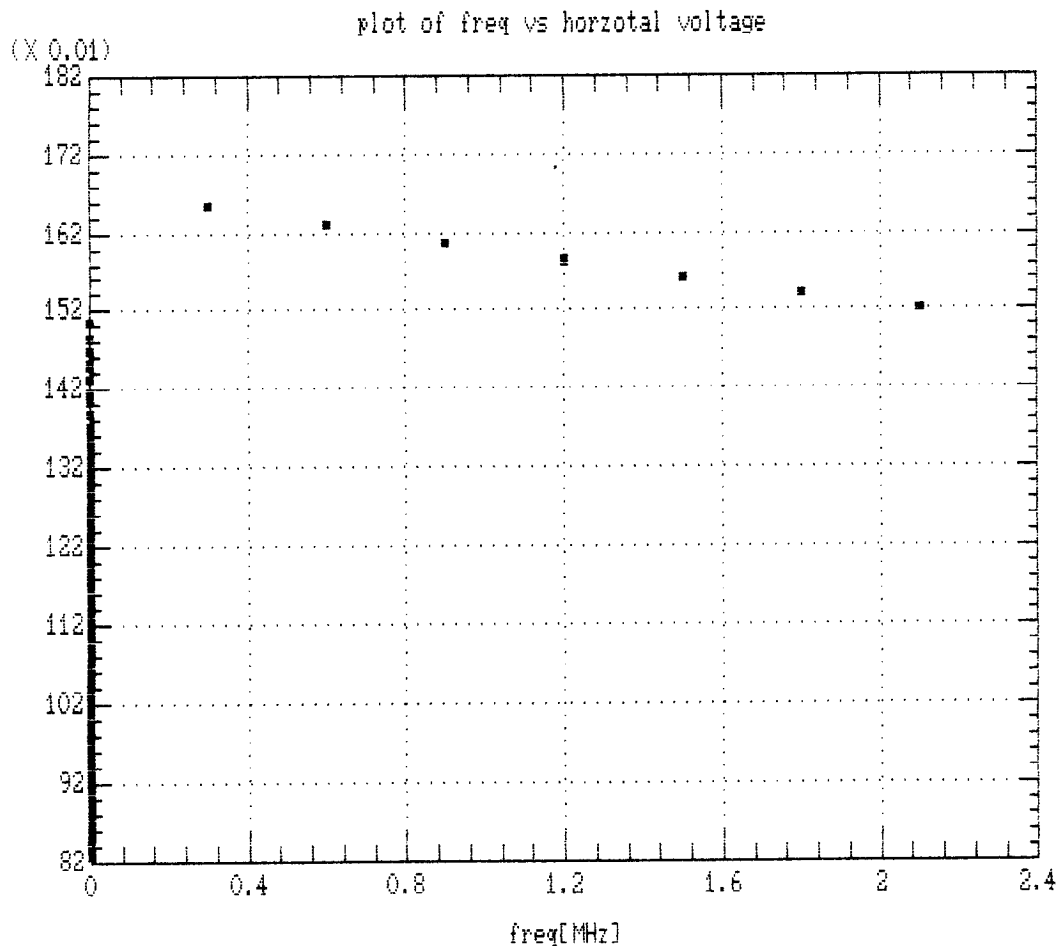
변화된 주파수 영역은 우리나라 표준방송 대역인 0.5MHz~2MHz로서 수직 전계 유도전압의 경우 장파

대에서 단파대로 갈수록 완만한 증가율을 보이고 있으며 수평전계 유도전압은 단파대로의 주파수 이동이 완만히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 통상적 대지 도전율에서는 수십 KHz 이하 정도라면 수평전계 성분에 의해 유도전압의 추정이 되지만 이 이상의 주파수에서는 수직 전계성분의 유도전압도 고려한 추정이 필요하다는 것이다.

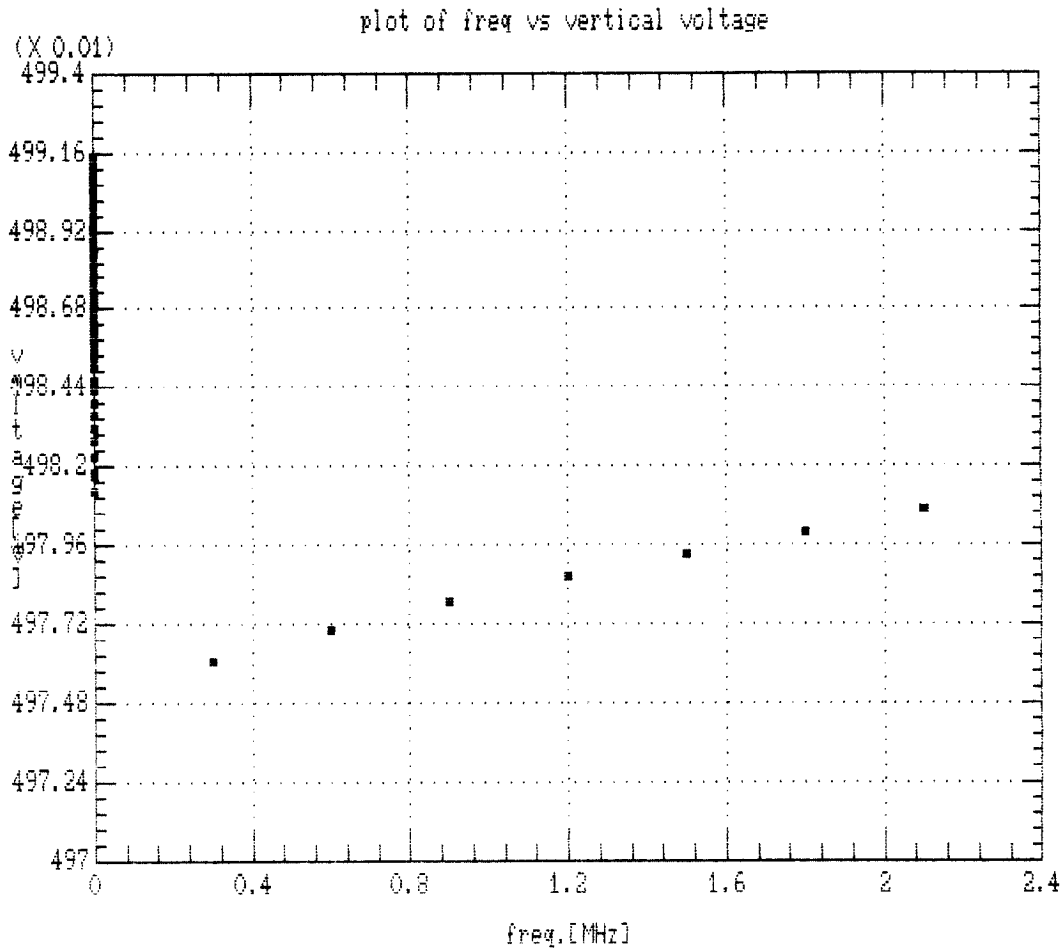
이상은 방송파(수직 편파의 전파)에 의한 통신선에 생기는 유도전압에 대한 통상적인 고려가 되어온 수평 전계성분 뿐만 아니라 수직 전계성분도 고려하여 통신선-대지간의 유도전압의 이론계산을 하여 보았다.

이 결과로 부터 명확하여진 사항은 본 이론식에서 고려한 수직 전계성분과 수평 전계성분이 장파대에

서 단파대에 이르기 까지 유도전압 추정에 유효하다는 사실과 수십 KHz 이하의 저주파에서는 수평 전계성분만에 의해서 유도전압을 추정하여도 가능하겠으나 약 1MHz 이상에서는 수직 전계성분을 고려해서 유도전압을 추정하여야 함이 필요하다는 것이다.



(주파수 변화에 따른 수평 전계유도 전압)



(주파수 변화에 따른 수직 전계유도 전압)

그림5 유도 전압의 주파수 의존성

5. 결 언

본 보고서에서는 전자기 단말에서의 방송유도 전압의 수신레벨 실험을 모의 회로를 사용하여 행함과 동시에 방송파 영향하에서 있는 선로에서의 유도전압중 그 성분을 수직 및 수평전계로 구분하여 이상적인 조건하에서의 컴퓨터 시뮬레이션을 수행해 보았다.

이는 전화에서의 방송 유도현상은 고출력 송신 방송파가 전화선로에 유도되어 전화기에 사용되는 비

선형 소자(TR, 다이오드, IC등)나 도체 접합점에 형성시킨 금속 산화층에 의하여 검출되고 복조되기 때문에 음성 주파회선에 간섭이 발생하는 현상으로 그 유도 전파전력이 수십 KW로 그 전계 세기 영역이 무선국으로부터 5Km까지 보고되어 있는바 우리나라의 경우에 대해서도 그 영향지역에 대한 분석 및 현장 실험이 가능한 실험 장치 개발로 본 보고 내용을 기본으로 한 현장 조건하에서의 이론계산 추정 및 실험이 이루어져야 하는 방향설정이 되어야 할 것이며 이때 유도전압에 대한 전계성분중 단파대로

감에 따라 지배적 영향을 미치는 수직전계에 대한 유도전압 영향을 필히 고려하여 유도 간섭에 대한 명확한 대책방안을 모색하고 현재 보급되고 있는 방송유도 감쇄기 취부 방법을 개선, 유도장애를 대비한 전 전화기 표준규격을 보완하여 항구적인 성능 개선을 추진해 나가야 할 것이다.

참고문헌

1. CCITT Red book "Protection against interferenc" VOLX, REC K18
2. M.WAKUDA, M.HATTORI, T.IDEGUCHI;

"RADIO BROADCAST WAVE INDUCTION VOLIAGE ON TELECOMUNICATION LINE(Indueed by Vertically polarized broadcast wave) EMCJ 85-69, p.19-24

3. 中平瑞穗, 방송파의 가공통신 케이블의 유도, 연구 실용화 보고서 제22권 제 6 호, p.269-287, 1973.
4. John R.CARSOW "WAVE Propagation in Overhead Wires With Ground Return" B.S.T.J,5, p.539-554, 1926.
5. 박한규, 초고주파공학, 1985 청문각.
6. 우형주, 전기자기학, 1984 문운당.