



SAKARYA  
UNIVERSITY

# Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM 465 - Elektromanyetik Uyumluluk



• 8. Antenler, Problar ve Diğer Destekleyici Ekipmanlar •

2

## Anten

- Anten temel olarak hem verici hem de alıcı olarak kullanılabilen bir çeşit dönüştürücüdür.
- IEEE'ye göre anten tanımı «That part of a transmitting or receiving system that is designed to radiate or to receive electromagnetic waves»
- Kullanım amacı açısından antenler haberleşme ve EMC antenleri biçiminde gruplandırılabilir.
- Bunun yanında, antenler istemli çalışan (FM, AM, GSM, radar vb.) ve istemsiz çalışan antenler olarak da gruplandırılabilir.
- EM enerjiyi ortama yaymak üzere bir yada birden fazla anten (anten dizisi) kullanılabilir.

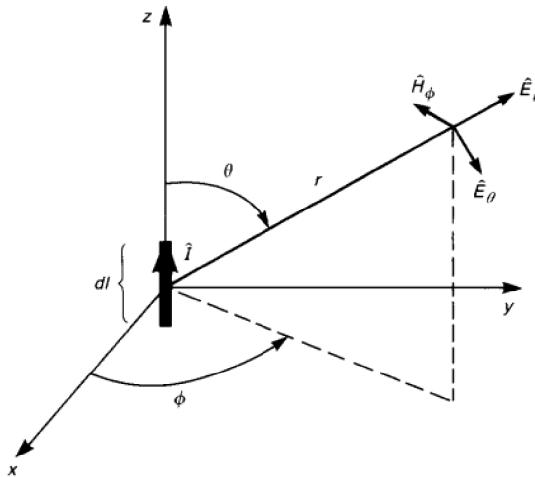


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# Elektrik Dipol



**Elektrik dipol**



# Elektrik Dipol

- Manyetik alan şiddeti bileşenleri:

$$\hat{H}_r = 0$$

$$\eta_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0}$$

$$\hat{H}_\theta = 0$$

$$\beta_0 r = 2\pi r/\lambda_0$$

$$\hat{H}_\phi = \frac{\hat{I} dl}{4\pi} \beta_0^2 \sin \theta \left( j \frac{1}{\beta_0 r} + \frac{1}{\beta_0^2 r^2} \right) e^{-j\beta_0 r}$$

$$\lambda_0 = v_0/f$$

- Elektrik alan şiddeti bileşenleri:

$$\hat{E}_r = 2 \frac{\hat{I} dl}{4\pi} \eta_0 \beta_0^2 \cos \theta \left( \frac{1}{\beta_0^2 r^2} - j \frac{1}{\beta_0^3 r^3} \right) e^{-j\beta_0 r}$$

$$v_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\hat{E}_\theta = \frac{\hat{I} dl}{4\pi} \eta_0 \beta_0^2 \sin \theta \left( j \frac{1}{\beta_0 r} + \frac{1}{\beta_0^2 r^2} - j \frac{1}{\beta_0^3 r^3} \right) e^{-j\beta_0 r}$$

$$\hat{E}_\phi = 0$$



## Elektrik Dipol

- Alan bileşenlerinin uzak alan koşullarında ifadeleri:

$$\begin{aligned}\vec{\hat{E}}_{\text{far field}} &= j\eta_0\beta_0 \frac{\hat{I}dl}{4\pi} \sin\theta \frac{e^{-j\beta_0 r}}{r} \vec{a}_\theta & \eta_0 &= \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} \\ &= j\frac{f\mu_0}{2} \hat{I}dl \sin\theta \left\{ \frac{e^{-j[2\pi(r/\lambda_0)]}}{r} \right\} & \beta_0 &= 2\pi/\lambda_0 = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{\hat{H}}_{\text{far field}} &= j\beta_0 \frac{\hat{I}dl}{4\pi} \sin\theta \frac{e^{-j\beta_0 r}}{r} \vec{a}_\theta \\ &= j\frac{f\mu_0}{2\eta_0} \hat{I}dl \sin\theta \left\{ \frac{e^{-j[2\pi(r/\lambda_0)]}}{r} \right\}\end{aligned}$$



## Elektrik Dipol

- Alan bileşenlerinin zaman domeni ifadeleri:

$$\begin{aligned}\vec{E}_{\text{far field}} &= \mathcal{R}e\{\vec{\hat{E}}_{\text{far field}} e^{j\omega t}\} \\ &= \frac{E_m}{r} \cos\left[\omega\left(t - \frac{r}{v_0}\right) + 90^\circ\right] \vec{a}_\theta & E_m &= \frac{\eta_0\beta_0\hat{I}dl}{4\pi} \sin\theta \\ &= -\frac{E_m}{r} \sin\left[\omega\left(t - \frac{r}{v_0}\right)\right] \vec{a}_\theta & &= \frac{f\mu_0}{2} \hat{I}dl \sin\theta\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{H}_{\text{far field}} &= \mathcal{R}e\{\vec{\hat{H}}_{\text{far field}} e^{j\omega t}\} \\ &= \frac{E_m}{\eta_0 r} \cos\left[\omega\left(t - \frac{r}{v_0}\right) + 90^\circ\right] \vec{a}_\phi \\ &= -\frac{E_m}{\eta_0 r} \sin\left[\omega\left(t - \frac{r}{v_0}\right)\right] \vec{a}_\phi\end{aligned}$$

$$|\vec{\hat{E}}_{\text{far field}}|/|\vec{\hat{H}}_{\text{far field}}| = \eta_0$$



## Elektrik Dipol

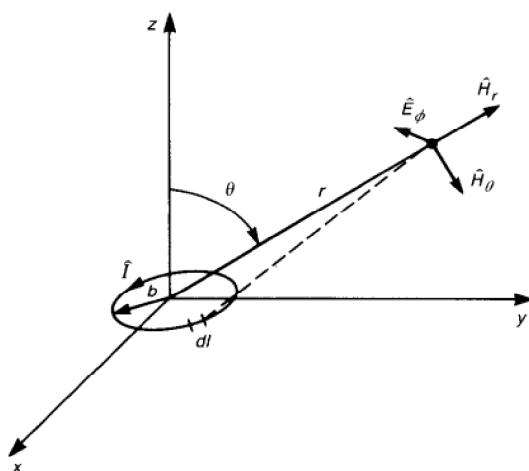
- Güç ve ışma resistansı:

$$\begin{aligned}\vec{S}_{\text{av}} &= \frac{1}{2} \Re e \left\{ \hat{\vec{E}} \times \hat{\vec{H}}^* \right\} & R_{\text{rad}} &= \frac{P_{\text{rad}}}{|\hat{I}_{\text{rms}}|^2} \\ &= \frac{1}{2} \Re e \left\{ \hat{E}_\theta \hat{H}_\phi^* \hat{a}_r - \hat{E}_r \hat{H}_\phi^* \hat{a}_\theta \right\} & &= 80\pi^2 \left( \frac{dl}{\lambda_0} \right)^2 \quad (\text{in } \Omega) \\ &= 15\pi \left( \frac{dl}{\lambda_0} \right)^2 |\hat{I}|^2 \frac{\sin^2 \theta}{r^2} \hat{a}_r & & \quad (\text{in W/m}^2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{rad}} &= \oint_s \vec{S}_{\text{av}} \cdot d\vec{s} & d\vec{s} &= r^2 \sin \theta d\theta d\phi \hat{a}_r \\ &= 80\pi^2 \left( \frac{dl}{\lambda_0} \right)^2 \frac{|\hat{I}|^2}{2} & & \quad (\text{in W})\end{aligned}$$



## Manyetik dipol



Manyetik dipol



# Manyetik Dipol

- Elektrik alan şiddeti bileşenleri:

$$\hat{E}_r = 0$$

$$\hat{E}_\theta = 0$$

$$2\pi b < \lambda_0/10$$

$$\hat{E}_\phi = -j \frac{\omega \mu_0 \hat{m} \beta_0^2}{4\pi} \sin \theta \left( j \frac{1}{\beta_0 r} + \frac{1}{\beta_0^2 r^2} \right) e^{-j\beta_0 r}$$

- Manyetik alan şiddeti bileşenleri:

$$\hat{m} = \hat{I} \pi b^2 \quad (\text{in A m}^2)$$

$$\hat{H}_r = j2 \frac{\omega \mu_0 \hat{m} \beta_0^2}{4\pi \eta_0} \cos \theta \left( \frac{1}{\beta_0^2 r^2} - j \frac{1}{\beta_0^3 r^3} \right) e^{-j\beta_0 r}$$

$$\hat{H}_\theta = j \frac{\omega \mu_0 \hat{m} \beta_0^2}{4\pi \eta_0} \sin \theta \left( j \frac{1}{\beta_0 r} + \frac{1}{\beta_0^2 r^2} - j \frac{1}{\beta_0^3 r^3} \right) e^{-j\beta_0 r}$$

$$\hat{H}_\phi = 0$$



# Manyetik Dipol

- Elektrik alan şiddeti bileşenleri:

$$\begin{aligned} \vec{E}_{\text{far field}} &= \frac{\omega \mu_0 \hat{m} \beta_0}{4\pi} \sin \theta \frac{e^{-j\beta_0 r}}{r} \vec{a}_\phi & \vec{H}_{\text{far field}} &= -\frac{\omega \mu_0 \hat{m} \beta_0}{4\pi \eta_0} \sin \theta \frac{e^{-j\beta_0 r}}{r} \vec{a}_\theta \\ &= \frac{\pi^2 f^2 \mu_0 \hat{I} b^2}{v_0} \sin \theta \frac{e^{-j[2\pi(r/\lambda_0)]}}{r} & &= \frac{\pi^2 f^2 \mu_0 \hat{I} b^2}{\eta_0 v_0} \sin \theta \frac{e^{-j[2\pi(r/\lambda_0)]}}{r} \end{aligned}$$

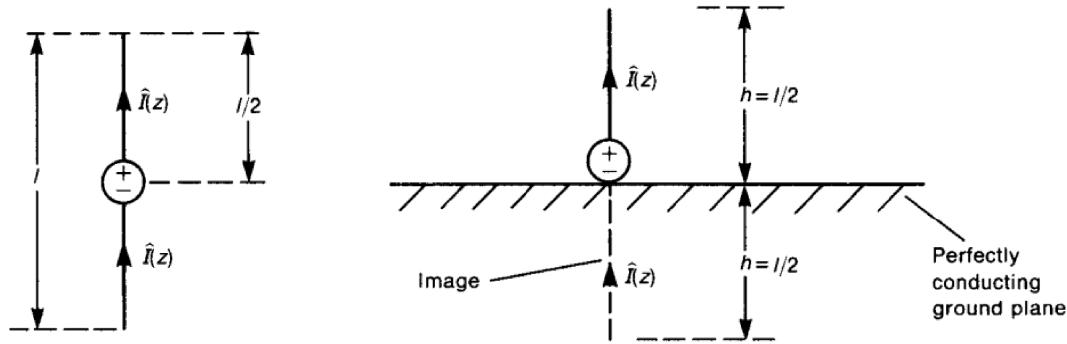
- Manyetik dipolün ışma direnci:

$$\begin{aligned} R_{\text{rad}} &= \frac{P_{\text{av}}}{|\hat{I}_{\text{RMS}}|^2} \\ &= 31,170 \left( \frac{A}{\lambda_0^2} \right)^2 \end{aligned}$$



# Yarım-Dalga Dipol Anten ve Çeyrek Dalga Monopol Antenler

11



Dipol ve monopol antenler



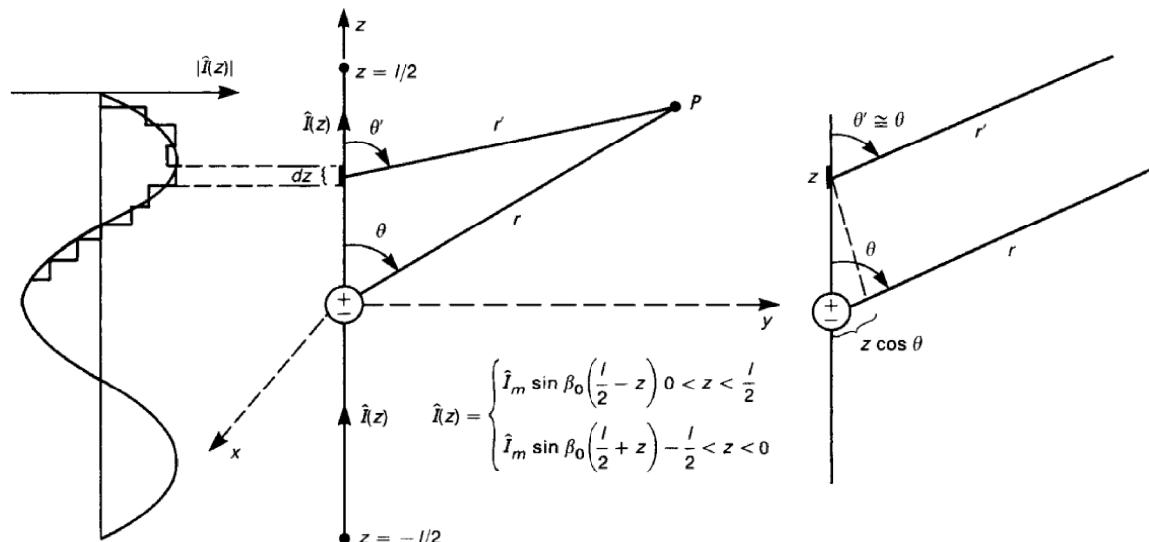
• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

12

## Yarım-Dalga Dipol Anten



Dipol antenden yayılan ışımının belirlenmesi

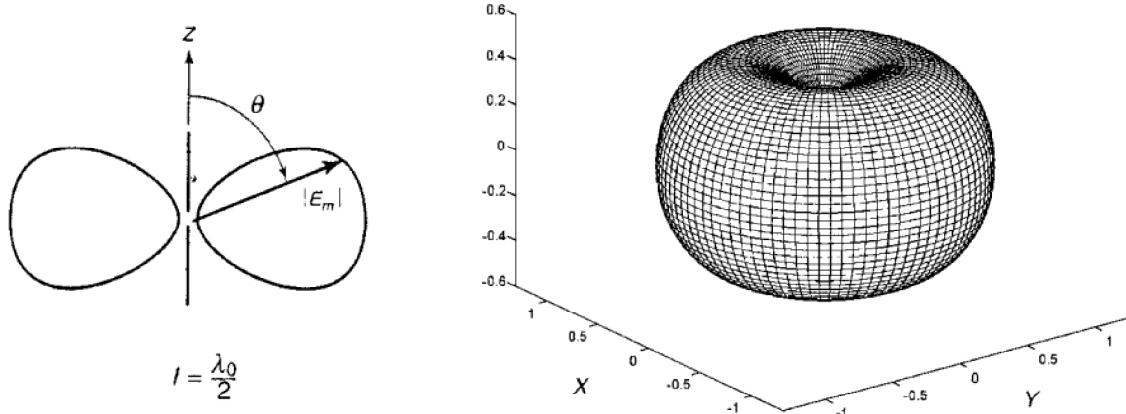


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Dipol Anten



Dipol antenin elektrik alan işıma örüntüsü (yarım dalga boyu)

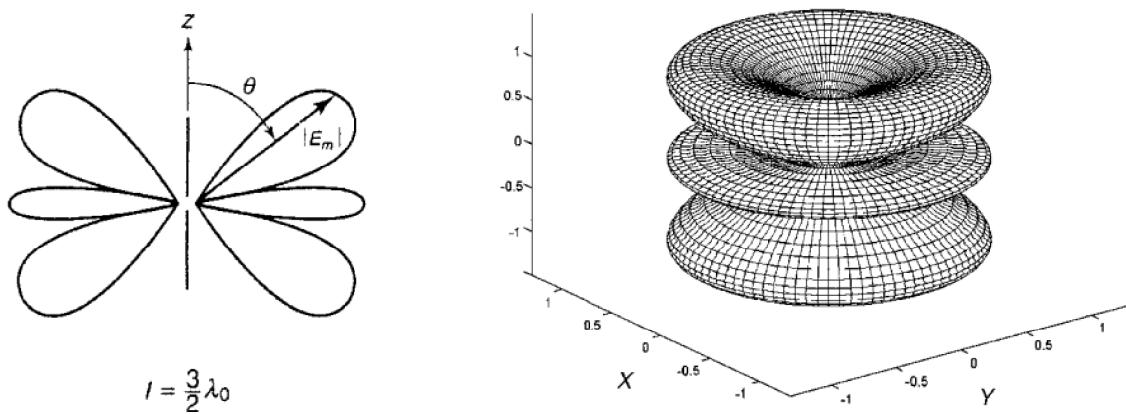


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Dipol Anten



Dipol antenin elektrik alan işıma örüntüsü (yarım dalga boyu)



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

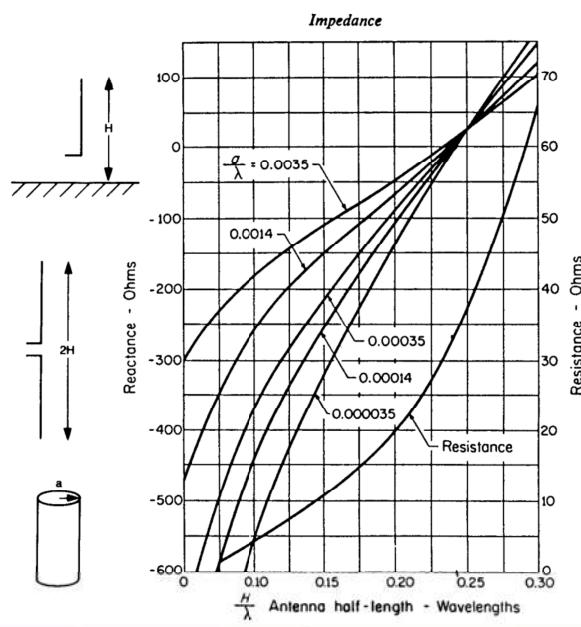
## Dipol Anten

$$\begin{aligned}
 \vec{S}_{av} &= \frac{1}{2} \Re e \left\{ \hat{\vec{E}} \times \hat{\vec{H}}^* \right\} \\
 &= \frac{1}{2} \Re e \left\{ \hat{E}_\theta \hat{H}_\phi^* \right\} \vec{a}_r \\
 &= \frac{1}{2} \frac{|\hat{E}_\theta|^2}{\eta_0} \vec{a}_r \\
 &= \underbrace{\left( \frac{\eta_0}{8\pi^2} \right)}_{4.77} \frac{|\hat{I}_m|^2}{r^2} F^2(\theta) \vec{a}_r \\
 P_{av} &= \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} \vec{S}_{av} \cdot \underbrace{r^2 \sin \theta d\theta d\phi \vec{a}_r}_{\vec{ds}} \\
 &= 73 \frac{|\hat{I}_m|^2}{2} \\
 P_{rad} &= 73 \frac{|\hat{I}_m|^2}{2} \\
 &= 73 |\hat{I}_{in, rms}|^2 \\
 R_{rad} &= 73 \Omega
 \end{aligned}$$



## Dipol Anten

Hat uzunluğu  
ve yarıçapına  
bağlı olarak  
dipol antenin  
rezistans ve  
reaktans  
bileşenlerinin  
değişimi



## Aktif Monopol Rod Anten

**Aktif Monopol  
Rod Anten (2  
MHz - 30 MHz)**



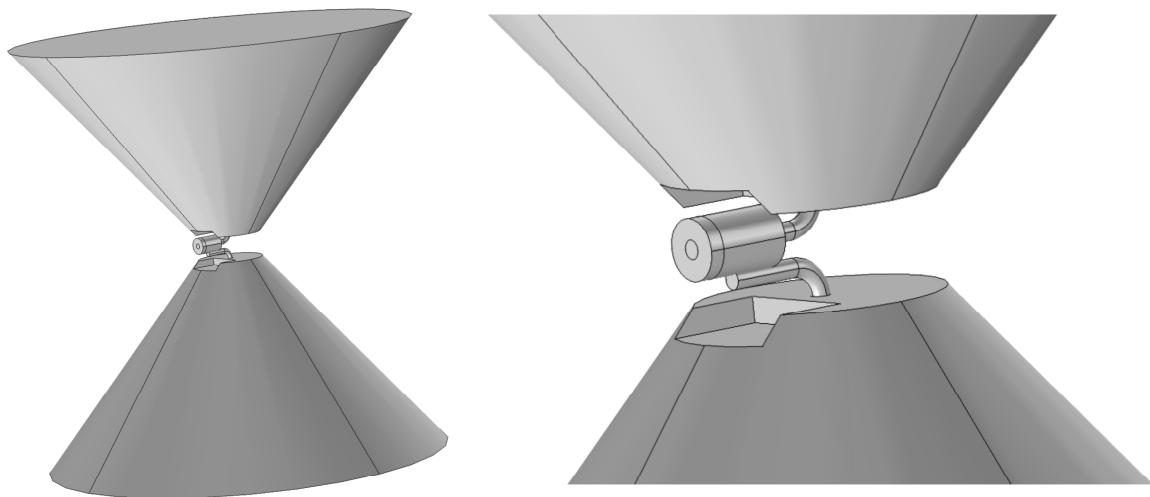
**ETS-LINDGREN™**  
An ESCO Technologies Company



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Bikonik Anten



**Bikonik anten simülasyonu**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Bikonik Anten



**Bikonik anten (3104C 20 MHz to 200 MHz)**

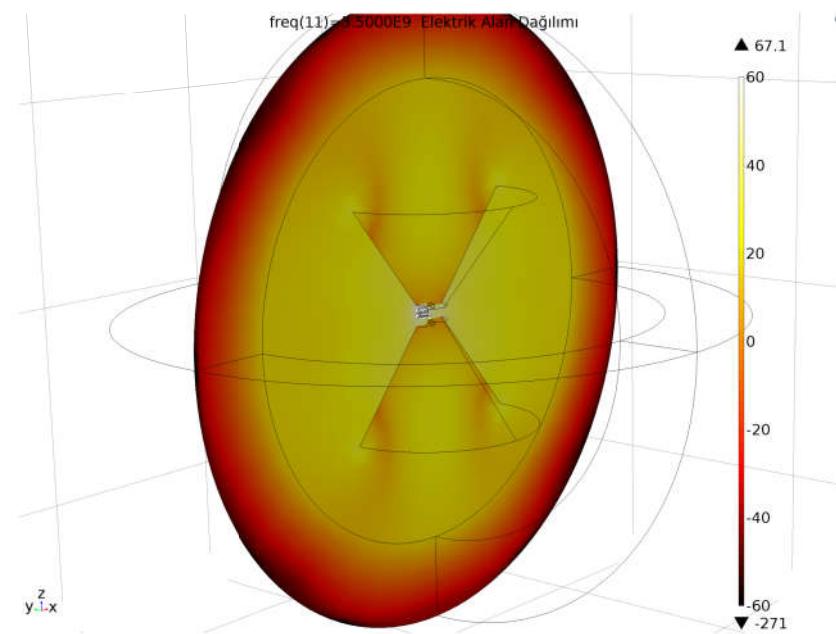


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Bikonik Anten

**Bikonik anten simülasyonu elektrik alan dağılımı (dB)**

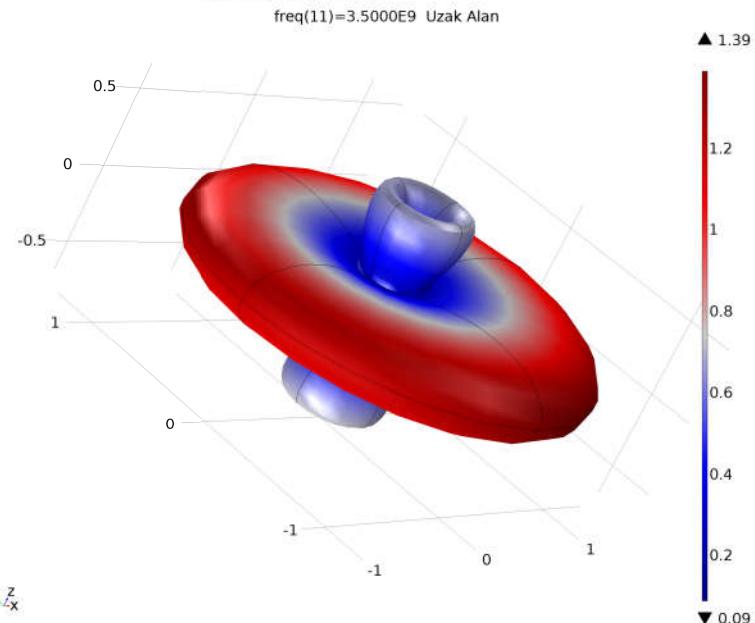


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Bikonik Anten

**Bikonik anten  
simülasyonu 3D  
elektrik alan  
dağılımı (V/m)**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Biconi-Log periyodik Anten



**HL562 Ultralog Broadband (30 MHz - 3 GHz)**

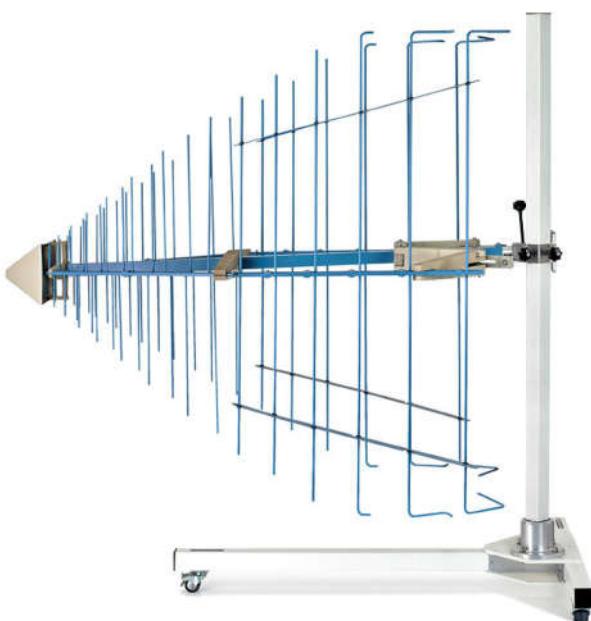


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Log-periyodik Anten



**HL046E VHF/UHF  
Log Periyodik High  
Power Anten (80  
MHz - 3 GHz)**

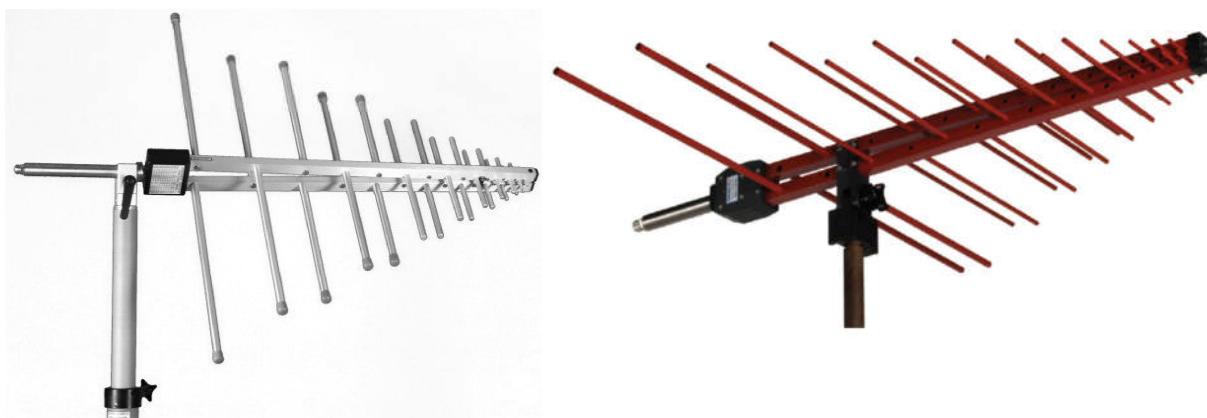


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Log-periyodik Anten



**Log Periyodik Anten (3148B 200 MHz - 2 GHz)**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Horn Anten

**HF907 Horn  
anten (0,8 GHz -  
18 GHz)**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## GSM Antenleri



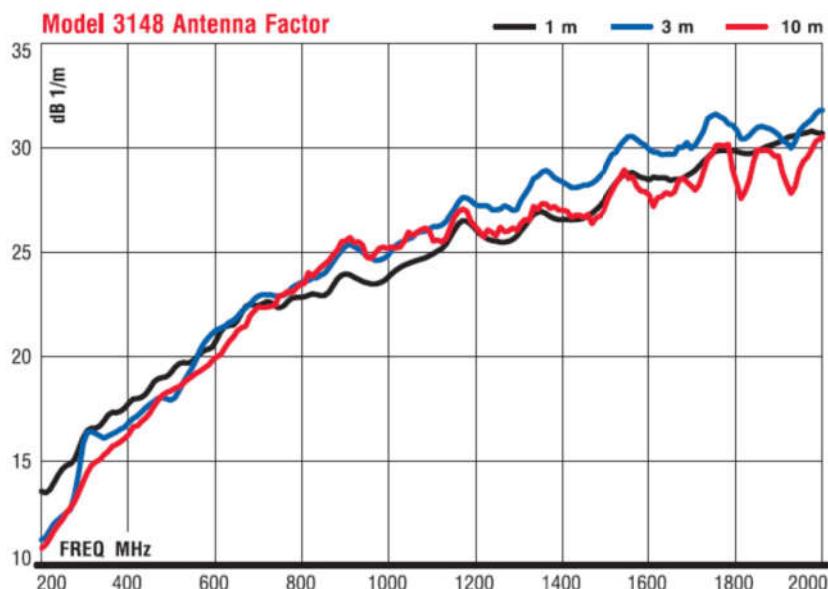
**İç ve dış ortam çeşitli GSM antenleri**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Anten Spesifikasyonları



Anten faktörü  
(3148B)  
200 MHz -  
2 GHz)

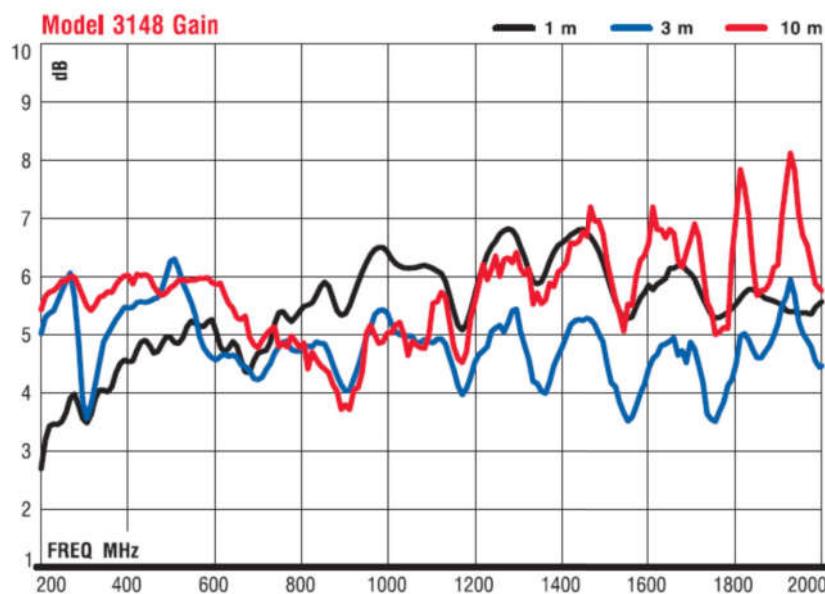


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Anten Spesifikasyonları



Anten kazancı  
(3148B)  
200 MHz -  
2 GHz)

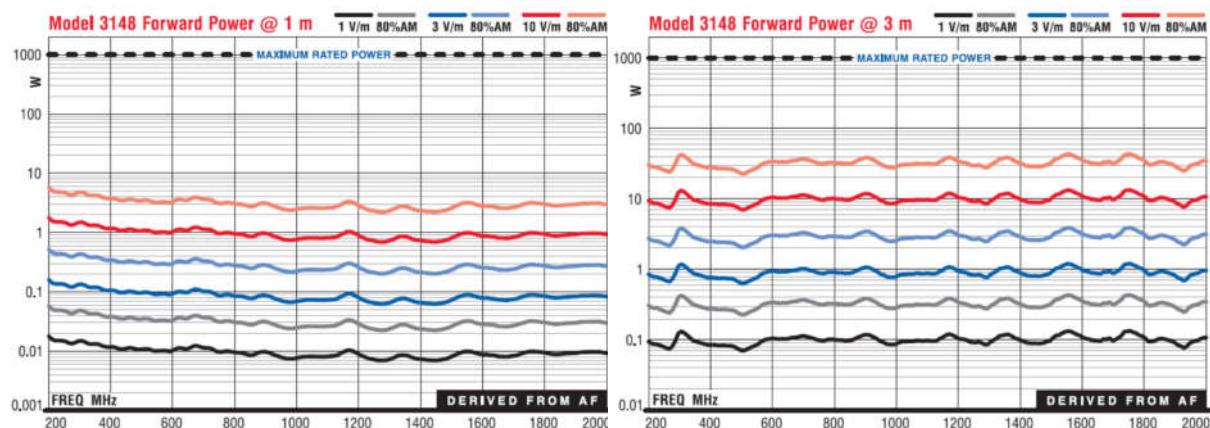


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Anten Spesifikasyonları



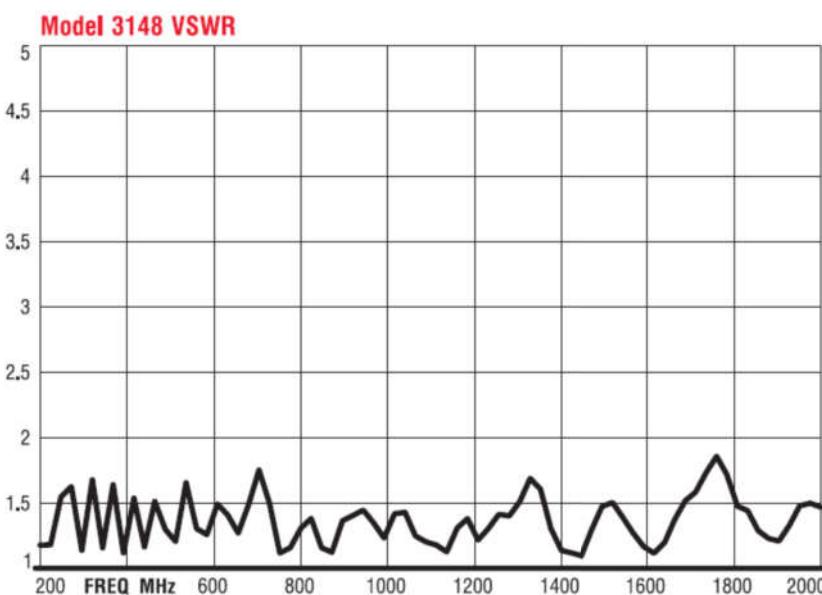
**Forward Power (3148B 200 MHz - 2 GHz)**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Anten Spesifikasyonları



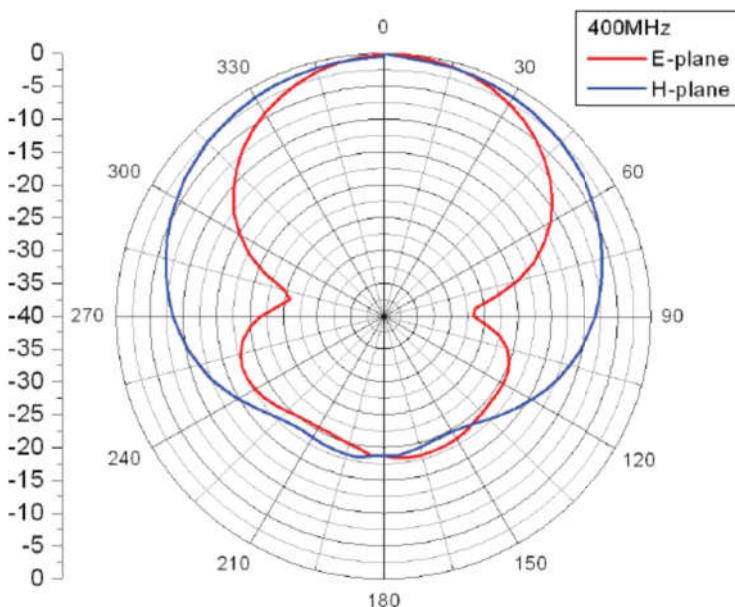
**VSWR  
(3148B  
200 MHz -  
2 GHz)**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Anten Spesifikasyonları



**400 MHz**  
performans  
karakteristiği  
(3148B 200  
MHz - 2 GHz)

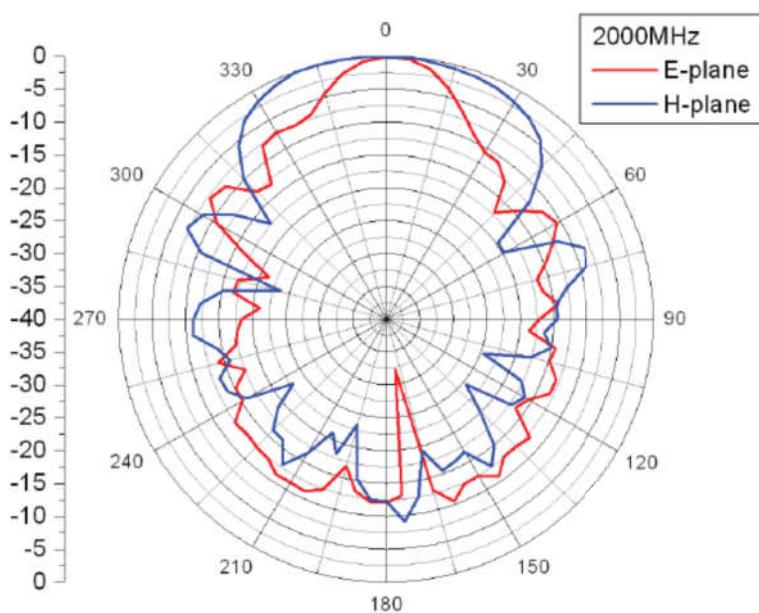


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Anten Spesifikasyonları



**2000 MHz**  
performans  
karakteristiği  
(3148B 200  
MHz - 2 GHz)



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Anten Faktörü

- Anten faktörü:

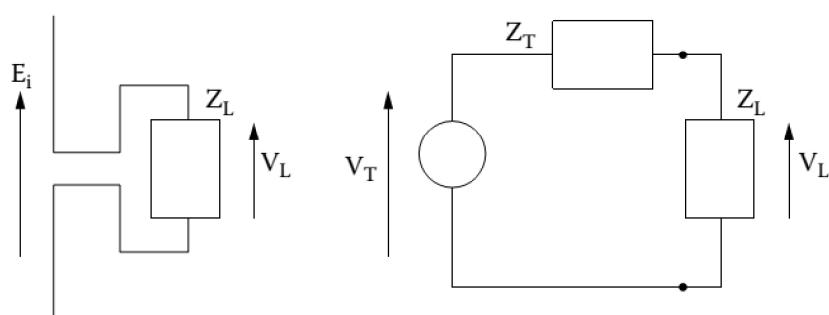
$$AF = \frac{\text{incident electric field } E_i \text{ (in V/m)}}{\text{voltage measured at the receiver } V_L \text{ (in V)}}$$

- dB cinsinden anten faktörü:

$$AF \text{ (dB)} = E_i \text{ (dB } \mu\text{V/m)} - V_L \text{ (dB } \mu\text{V)}$$



## Dipol Anten



Alicı anten ve Thevenin eşdeğeri



## Anten Faktörü

- Efektif açılık ve kazancın ilişkisi:  
 $A_e = G\lambda^2/(4\pi)$
- Maksimum güç transferi koşulları altında:

$$Z_L = Z_T^* \quad P_{\max} = |\bar{V}_T|^2 / 4R_T \quad P_{\max} = \frac{|\bar{E}_i|^2}{Z_0} A_e$$

$$|\bar{V}_T| = |\bar{E}_i| l_e \quad l_e = \lambda \sqrt{G R_T / (\pi Z_o)} \quad |\bar{V}_L| = |\bar{E}_i| l_e \left| \frac{Z_L}{Z_L + Z_T} \right|$$

- Anten faktörü bağıntısı:

$$AF = \frac{1}{l_e} \left| 1 + \frac{Z_T}{Z_L} \right|$$



## Anten Faktörü

- Yarım-dalga dipol anten anten faktörü:

$$G \approx 1.64, Z_T \approx 73 \Omega$$

$$l_e \approx \lambda/\pi$$

$$Z_L = 50 \Omega$$

$$AF (\text{dB}) = 31.78 + 20 \log f (\text{MHz})$$



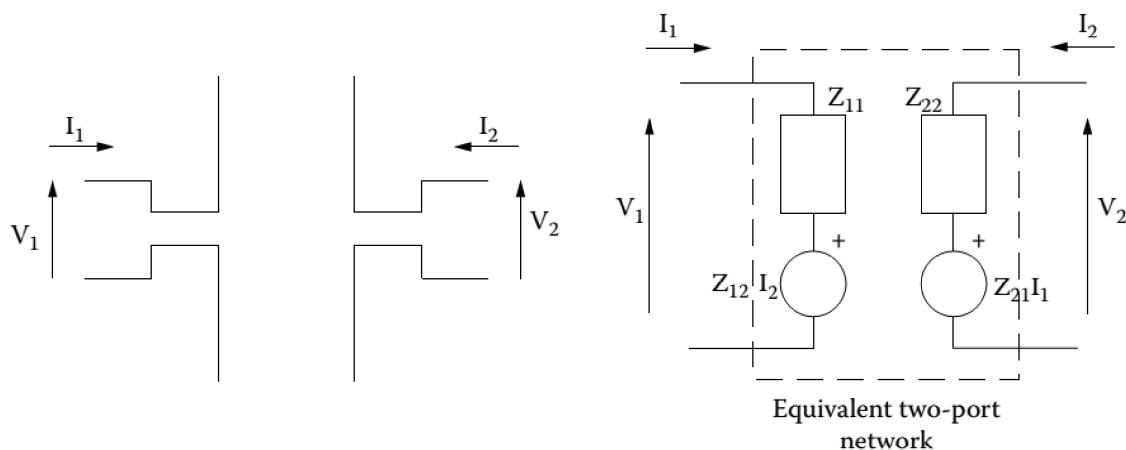
## Anten Faktörü

**HL562 Ultralog  
Broadband (30 MHz  
- 3 GHz)**  
**Anten faktörü  
değerleri**

EDIT TRANSDUCER FACTOR			
Name/Unit/Interpolation:	HL562ORG	dB $\mu$ V/m	LOG
<b>Comment:</b>			
FREQUENCY	TDF/dB..	FREQUENCY	TDF/dB..
30.000000000 MHz	18.900	500.000000000 MHz	15.400
40.000000000 MHz	13.900	540.000000000 MHz	16.000
50.000000000 MHz	7.600	580.000000000 MHz	16.800
60.000000000 MHz	3.500	620.000000000 MHz	17.100
70.000000000 MHz	6.500	660.000000000 MHz	18.000
80.000000000 MHz	8.200	700.000000000 MHz	18.300
90.000000000 MHz	8.600	740.000000000 MHz	18.900
100.000000000 MHz	8.900	780.000000000 MHz	19.000
110.000000000 MHz	9.300	820.000000000 MHz	19.700
120.000000000 MHz	9.700	860.000000000 MHz	23.000
130.000000000 MHz	8.800	900.000000000 MHz	20.600
140.000000000 MHz	8.100	940.000000000 MHz	20.900
150.000000000 MHz	7.600	980.000000000 MHz	21.000
160.000000000 MHz	7.200	1.000000000 GHz	21.300
180.000000000 MHz	7.900		
200.000000000 MHz	7.100		
220.000000000 MHz	8.100		
240.000000000 MHz	8.900		
260.000000000 MHz	9.500		
280.000000000 MHz	10.100		
300.000000000 MHz	10.800		
340.000000000 MHz	12.000		
380.000000000 MHz	13.100		
420.000000000 MHz	13.800		
460.000000000 MHz	14.700		



## Dipol Anten

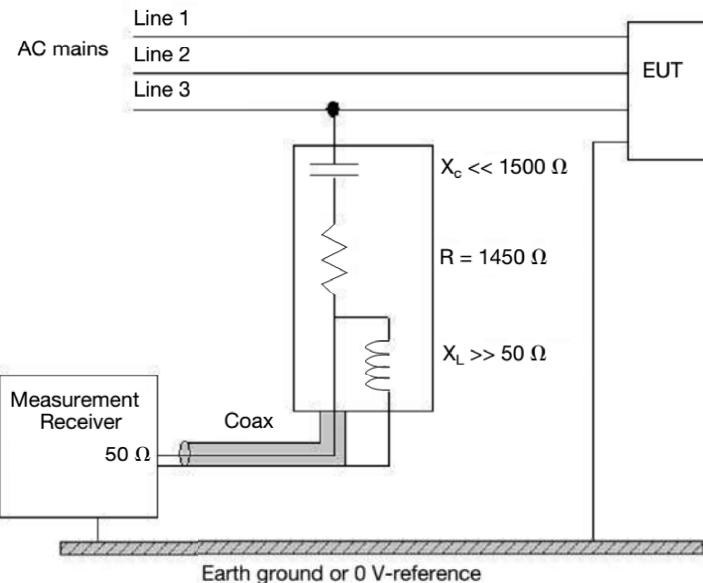


## Karşılıklı antenler ve Thevenin eşdeğeri



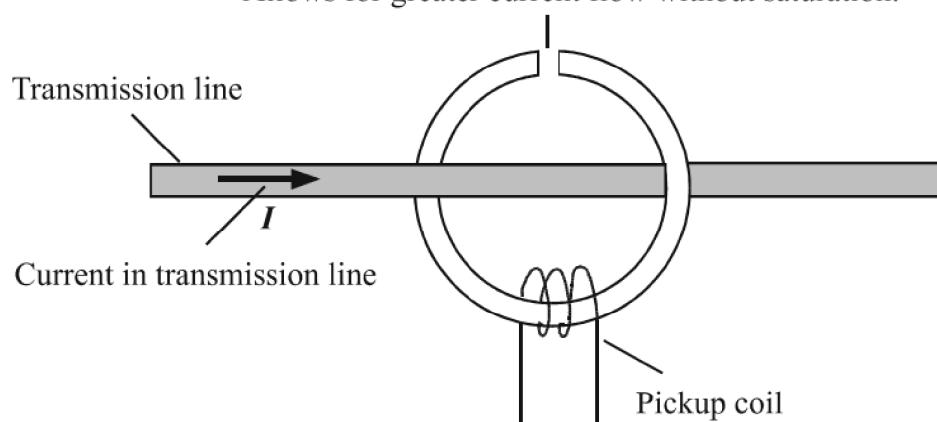
## Gerilim Probu

### Gerilim probu bağlantı konfigürasyonu



## Akım Probu

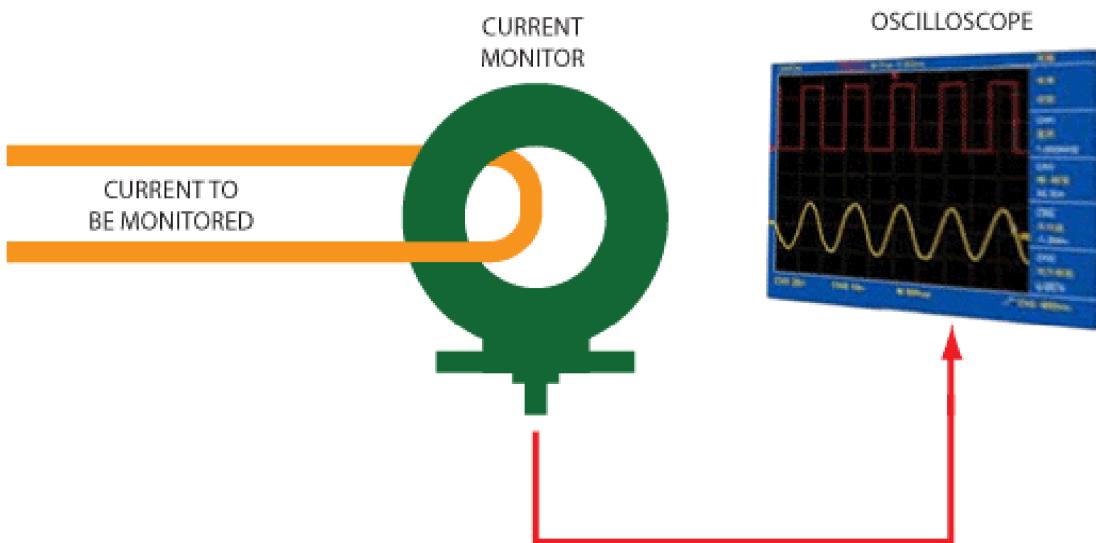
Optional air gap in coil  
Allows for greater current flow without saturation.



### Akım probu bağlantı konfigürasyonu



## Akım Probu



Akım probu bağlantı konfigürasyonu



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Akım Probu



Akım probu



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# LISN (Line Impedance Stabilization Network)

43

- LIN CENELEG, CSPR, US MIL STD gibi çeşitli tür / otoritelere ait EMC deneylerinde kullanılan temel bir enstrümandır.
- LISN'nin özellikleri aşağıdaki temel başlıklarda sayılabilir.
  - Şebekeyden gelebilecek gürültüleri ve EUT'nin bu taraftan etkilemesini engellemek.
  - EUT kaynaklı oluşan iletişim yolu bozulma işaretinin EMI receiver / spektrum analizör tarafına iletmek.
  - Giriş portlarında tanımlı bir empedans sağlar.



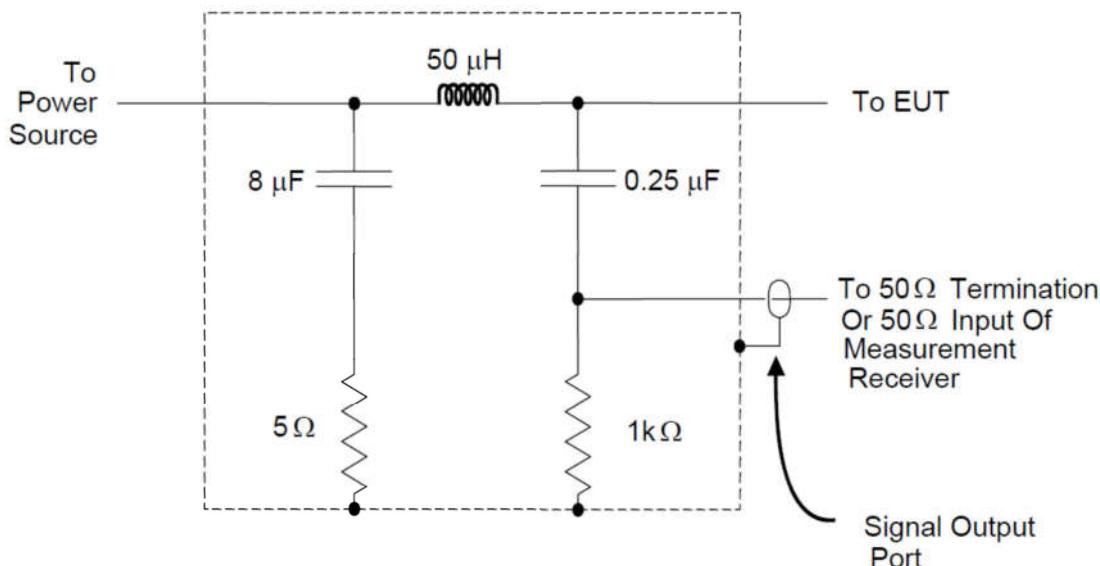
• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# LISN (Line Impedance Stabilization Network)

44



LISN devre şeması (MIL-STD 461F)



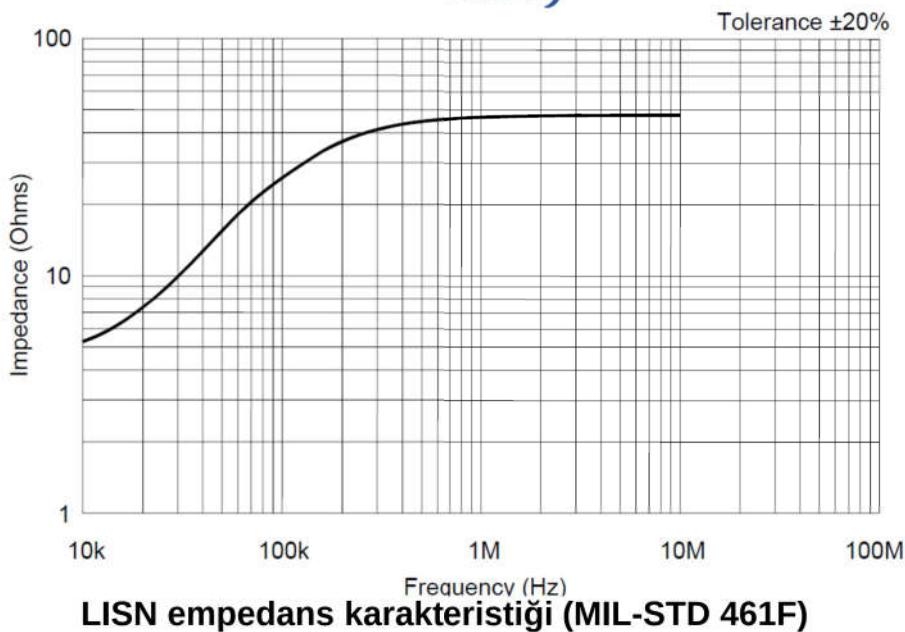
• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# LISN (Line Impedance Stabilization Network)

45



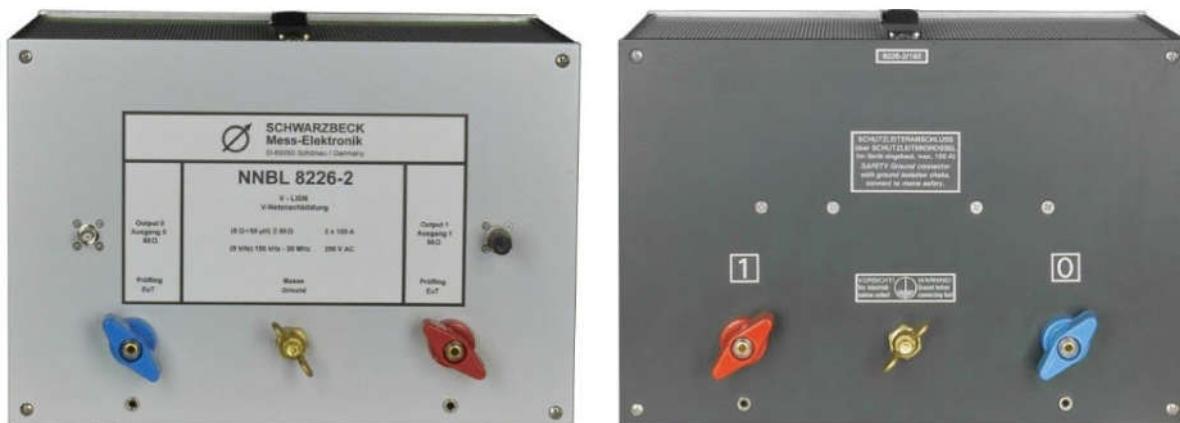
• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# LISN (Line Impedance Stabilization Network)

46



LISN (NNBL 8226 – HV)

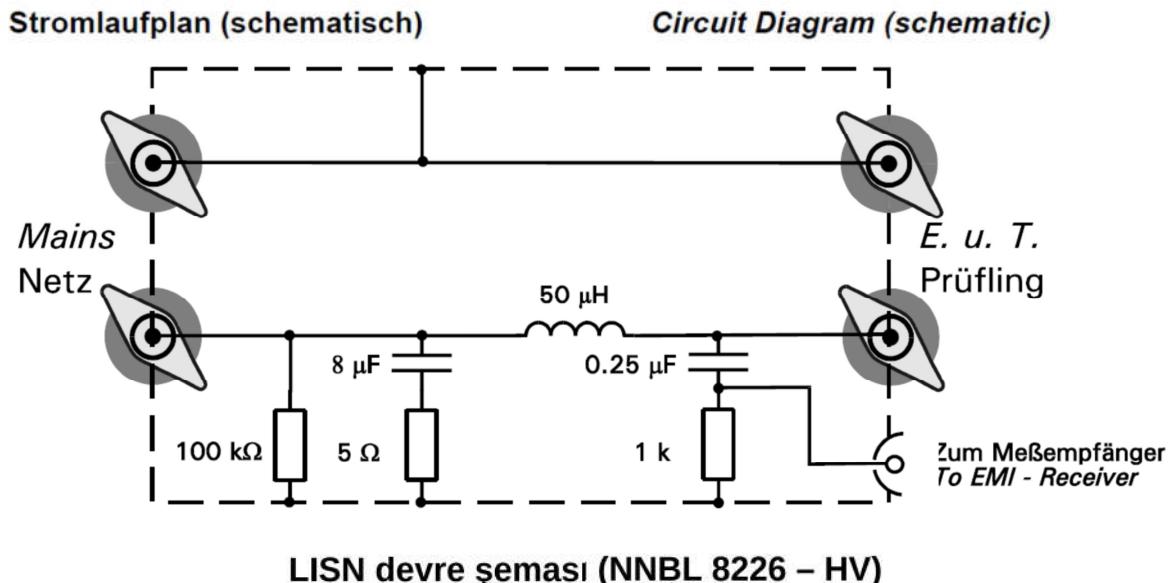


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

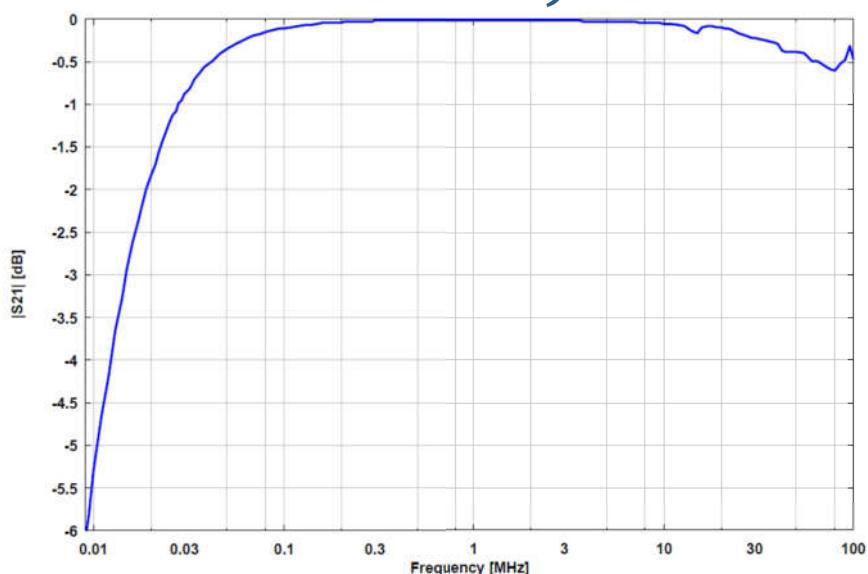
# LISN (Line Impedance Stabilization Network)



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

# LISN (Line Impedance Stabilization Network)



LISN empedans karakteristiği (MIL-STD 461F)

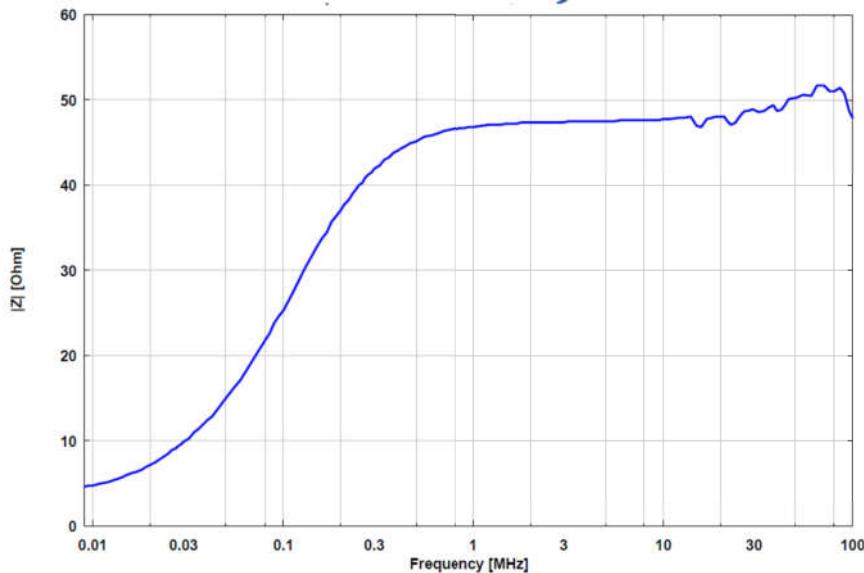


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

# LISN (Line Impedance Stabilization Network)

49



LISN empedans karakteristiği (MIL-STD 461F)



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

50

## Burst CCC (Capacitive Coupling Clamp)

- CDN işaret ve kontrol kapılarına bağlanmış hatlar üzerindeki deneyler için kullanılır.
- Ancak TS EN 61000-4-4 Madde 6.3'te tanımlanan kuplej/dekuplej devresi kullanılamaz ise, CCC ayrıca güç kapıları üzerinde kullanılabilir.

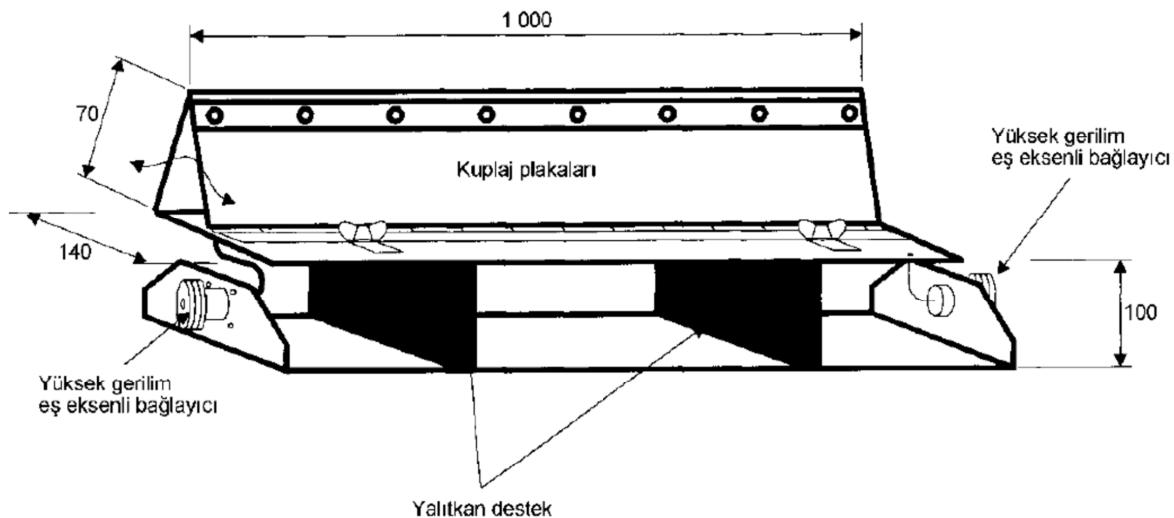


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## Burst CCC (Capacitive Coupling Clamp)



**CCC (Capacitive Coupling Clamp) şematik gösterimi**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

## Burst CCC (Capacitive Coupling Clamp)



**CCC (EM Test HFK)**



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

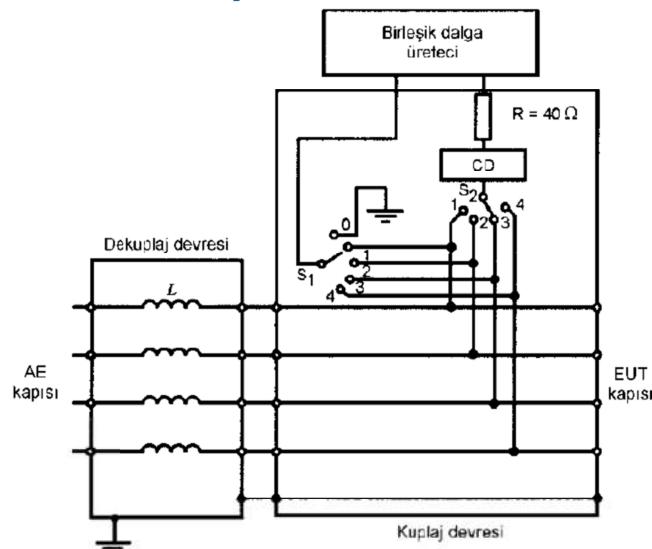
# Surge CDN (Coupling/Decoupling Networks)



Surge CDN (CNV 504N/508N series)



# Surge CDN (Coupling/Decoupling Networks)

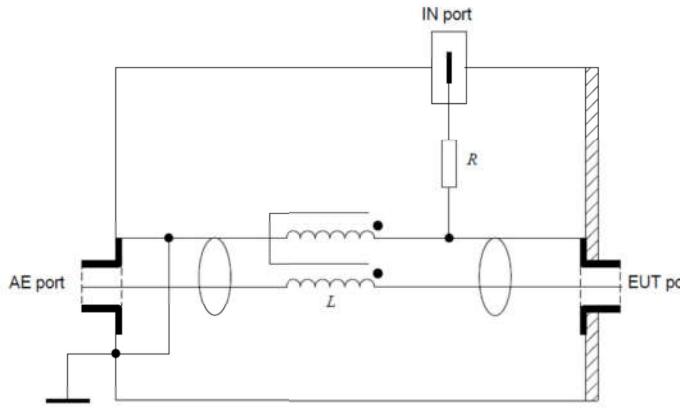


- 1) Anahtar  $S_1$ 
  - Hat – toprak: Konum 0
  - Hat – hat: Konum 1 ila 4
- 2) Anahtar  $S_2$ : konum 1 ila 4
  - Deney sırasında,  $S_2$  anahtarının konumu  $S_1$  anahtarının konumundan farklıdır.

**Kuplaj devresi ve dekuplaj devresine ait bağlantı şeması**



## (Coupling/Decoupling Networks)



$R = 100 \Omega$   
 $L \geq 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz

CDN-S1 basitleştirilmiş devre diyagramı

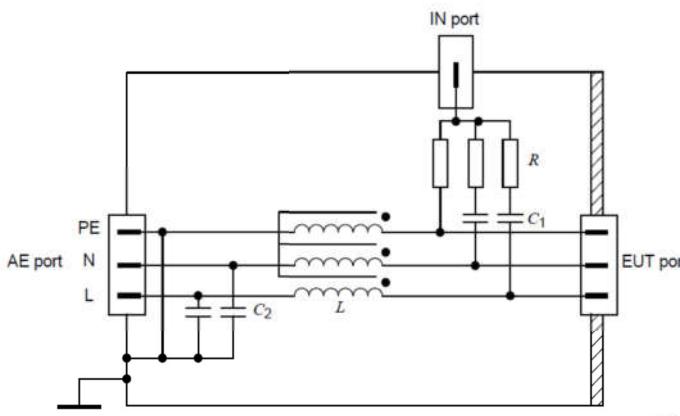


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## (Coupling/Decoupling Networks)



CDN-M3,  $C_1$  (typical) = 10 nF,  $C_2$  (typical) = 47 nF,  $R$  = 300  $\Omega$ ,  $L \geq 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz

CDN-M2,  $C_1$  (typical) = 10 nF,  $C_2$  (typical) = 47 nF,  $R$  = 200  $\Omega$ ,  $L \geq 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz

CDN-M1,  $C_1$  (typical) = 22 nF,  $C_2$  (typical) = 47 nF,  $R$  = 100  $\Omega$ ,  $L \geq 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz

CDN-M1/M2/M3 basitleştirilmiş devre diyagramı



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## (Coupling/Decoupling Networks)



CDN (Frankonia CDN-M1 / -M2 / -M2+3 / -M4 / -M5 Series)

## Description)



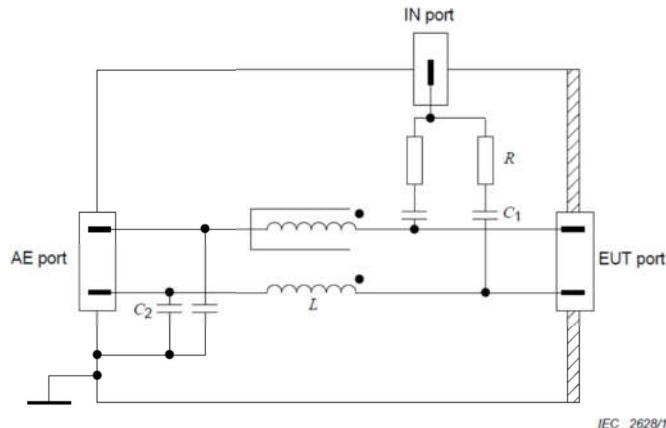
• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## IEC / EN 61000-4-6 CDN

## (Coupling/Decoupling Networks)



$$C_1 \text{ (typical)} = 10 \text{ nF}$$

$$C_2 \text{ (typical)} = 47 \text{ nF}$$

$$R = 200 \Omega$$

$$L \geq 280 \mu\text{H} \text{ at } 150 \text{ kHz}$$

CDN-AF2 basitleştirilmiş devre diyagramı



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# IEC / EN 61000-4-6 CDN

## (Coupling/Decoupling Networks)



**CDN (Frankonia CDN-AF2 / -AF3 / -AF4 / -AF5 / -AF8 Series)**

### Description)



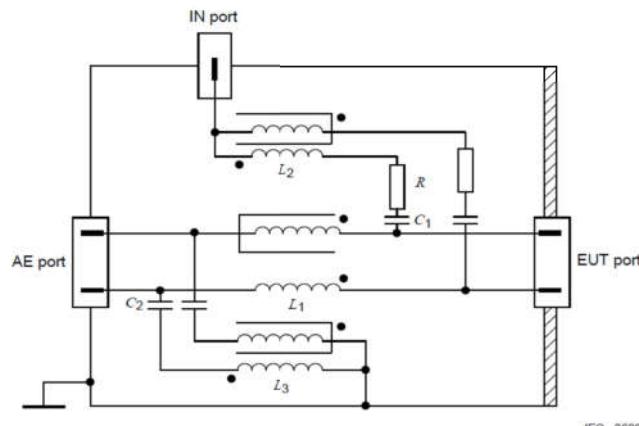
• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

# IEC / EN 61000-4-6 CDN

## (Coupling/Decoupling Networks)



IEC 2629/13

$C_1$  (typical) = 10 nF,

$C_2$  (typical) = 47 nF,  $R$  = 200  $\Omega$

$L_1 \geq 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz

$L_2 = L_3 = 6 \text{ mH}$  (when  $C_2$  and  $L_3$  are not used,  $L_1 \geq 30 \text{ mH}$ )

**CDN-T2 basitleştirilmiş devre diyagramı**

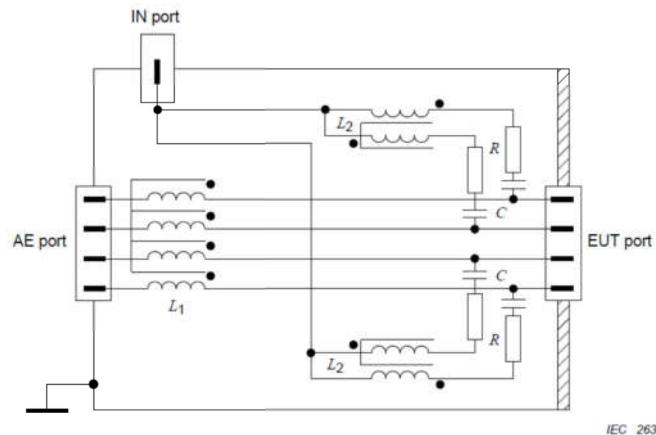


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## (Coupling/Decoupling Networks)

 $C$  (typical) = 5,6 nF $R$  = 400  $\Omega$  $L_1 \gg 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz $L_2 = 6 \text{ mH}$ 

CDN-T4 basitleştirilmiş devre diyagramı

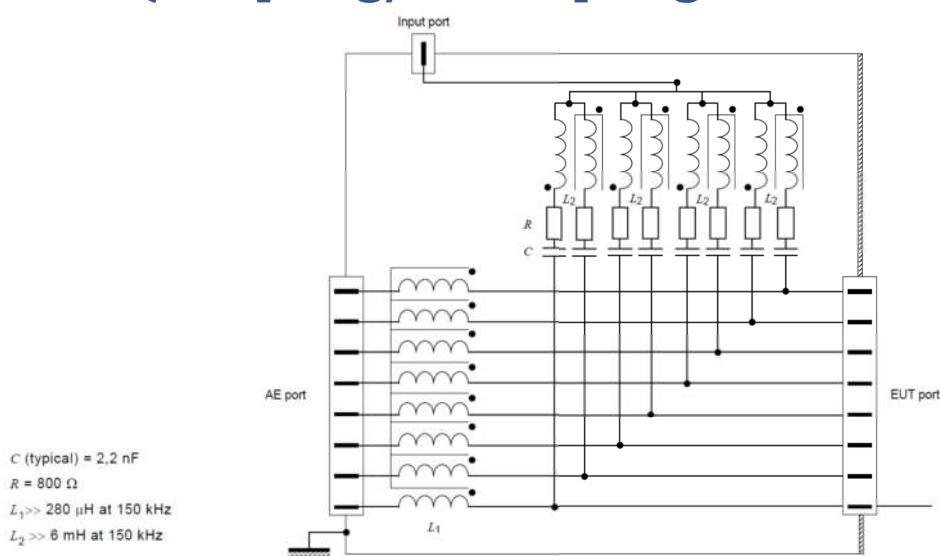


• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## (Coupling/Decoupling Networks)

 $C$  (typical) = 2,2 nF $R$  = 800  $\Omega$  $L_1 \gg 280 \mu\text{H}$  at 150 kHz $L_2 \gg 6 \text{ mH}$  at 150 kHz

CDN-T8 basitleştirilmiş devre diyagramı



• Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

## (Coupling/Decoupling Networks)

**CDN (Frankonia**

**CDN-S1 / -S2 / -**

**S4 / -S8 / -S9 / -**

**S15 / -S25**

**CDN-RJ45-S / -**

**USB-C / -USB-P /**

**-USB-3.0**

**CDN-Firewire / -**

**HDMI Series)**

