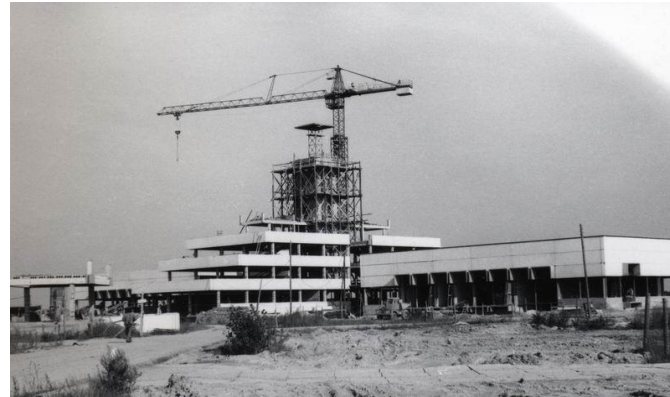
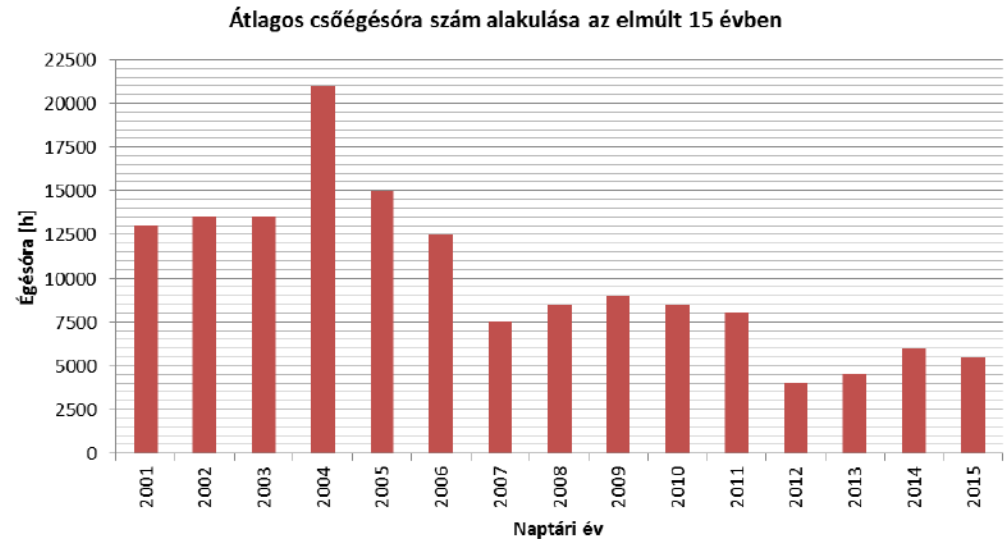
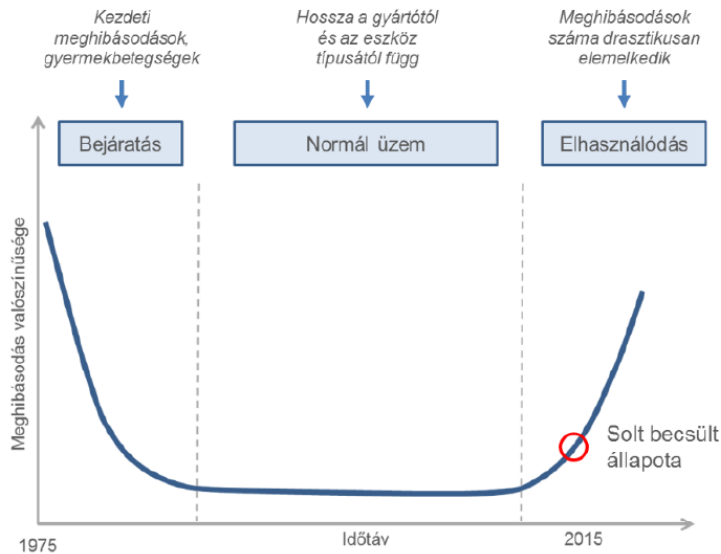


A kezdetek

- Solt alapkő letétel: 1974. szeptember 6.
- Kiszolgáló épület komplexum és energetikai rendszer átadása: 1975.12.31.
- 303,6 méteres önsugárzó monopol antenna átadása: 1976.08.16.
- A rádióadó első bekapcsolása: 1976.11.05.
- Üzemi sugárzás megkezdése: 1977.01.10. (539kHz; 2000kW; $\eta=63-65\%$)
- Korszerűsítési beruházás - DCC üzemmód kiépítése: 1989



A jelenünk



2015 évi karácsonyi ajándék:

1982/2015. (XII. 23.) Korm. Határozat a solti középhullámú rádióállomás rekonstrukciójáról és egyes távközlési feladatok forrásának biztosításáról

A rekonstrukció teljes spektruma

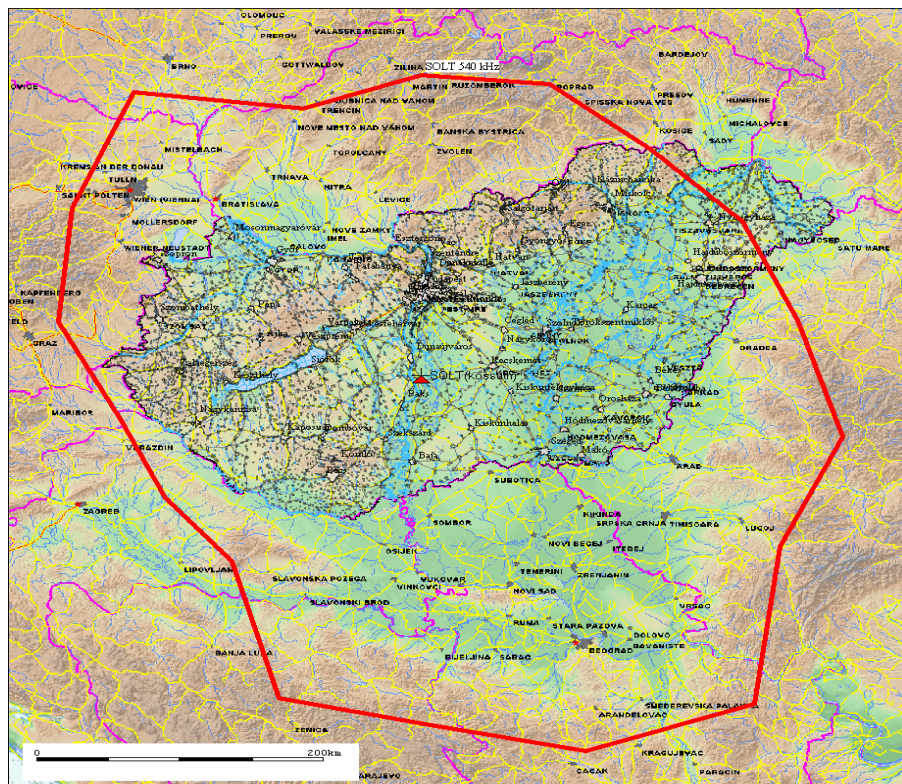
- Adóépület felújítása
 - Belső felújítás, átalakítás
 - Világítás korszerűsítés
 - Nyílászárók cseréje
 - Hőszigetelés
- Erősáramú rendszer felújítása
 - 120/20/10kV transzformátorok felújítása
 - Alállomás korszerűsítése
 - Állomás-alállomási vonalszakasz felújítása-cseréje
- A sugárzó torony és kötélzet teljes korrózióvédelme
- A földháló rendszer teljes felülvizsgálata és teljes javítása
- Helyettesítő sugárzás kialakítása
 - A jelenlegi sugárzási karakterisztikát megközelítő helyettesítő sugárzás kialakítása a leállási időszakok áthidalása végett
- Új adórendszer telepítése
 - 2000kW összteljesítményű félvezetős adóberendezés telepítése és üzembe helyezése

Kiszolgáló infrastruktúra

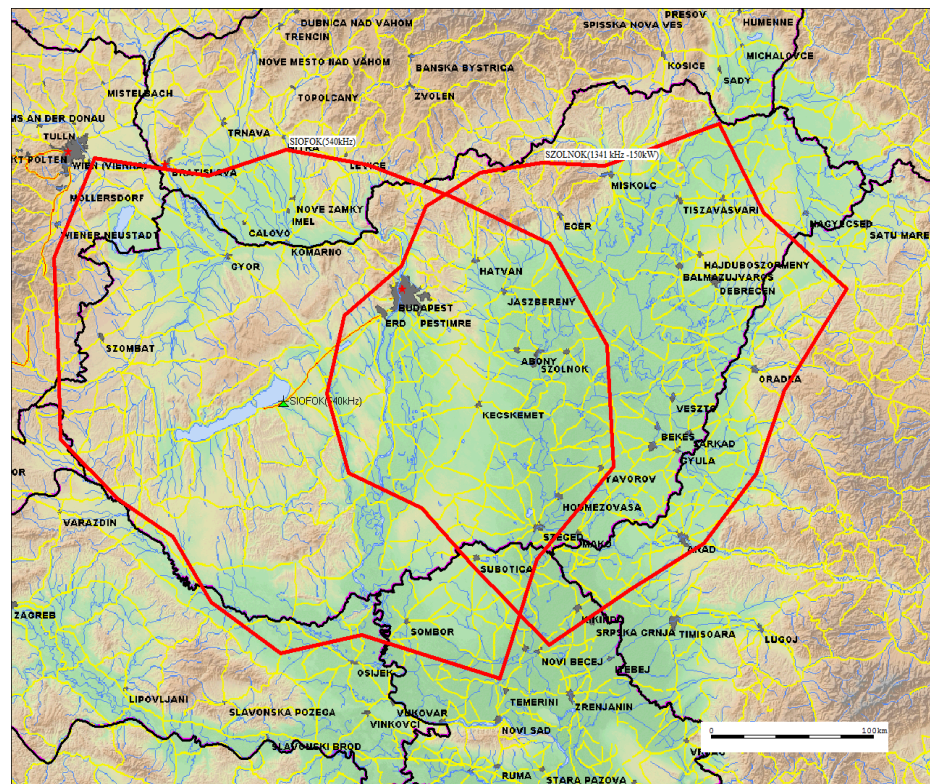
Technológia

Helyettesítő sugárzás kialakítása

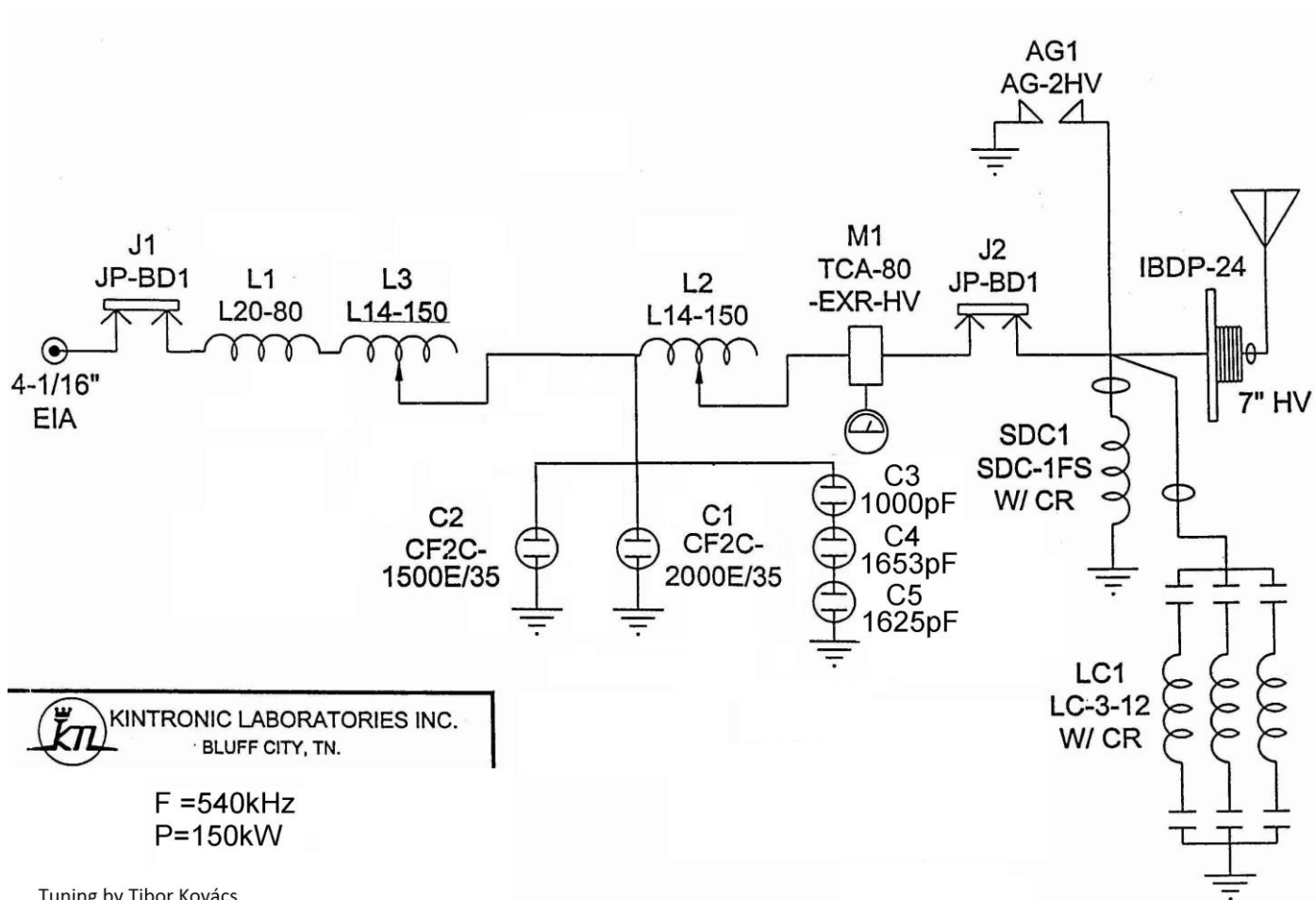
Solt: 540 kHz/2000kW



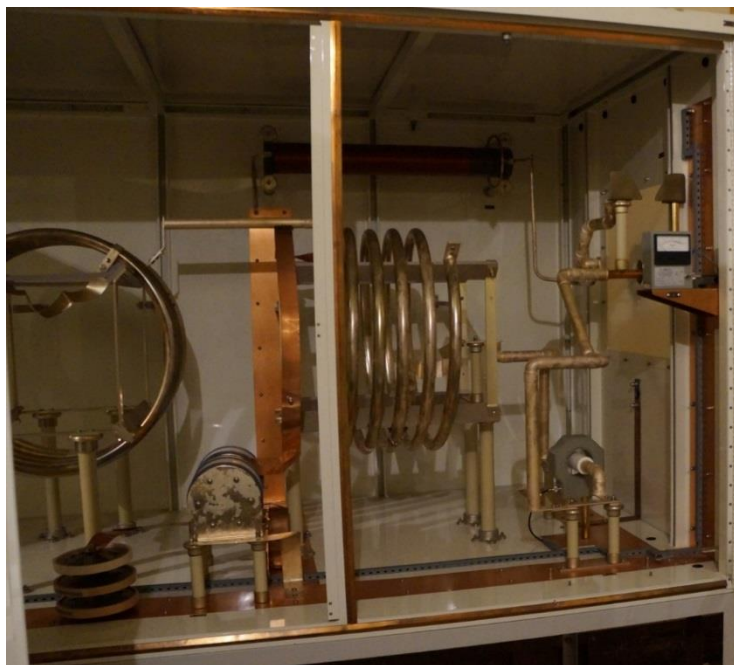
Siófok: 1341kHz/150kW -> 540 kHz/150 kW
Szolnok: 1341kHz/150 kW



ATU áthangolás

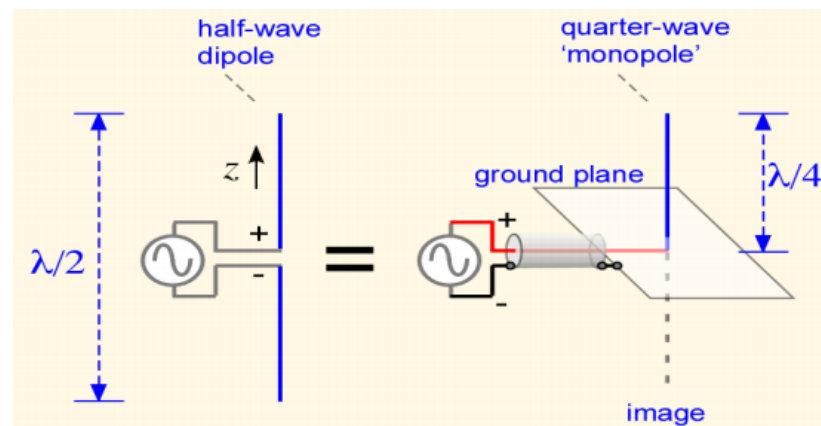
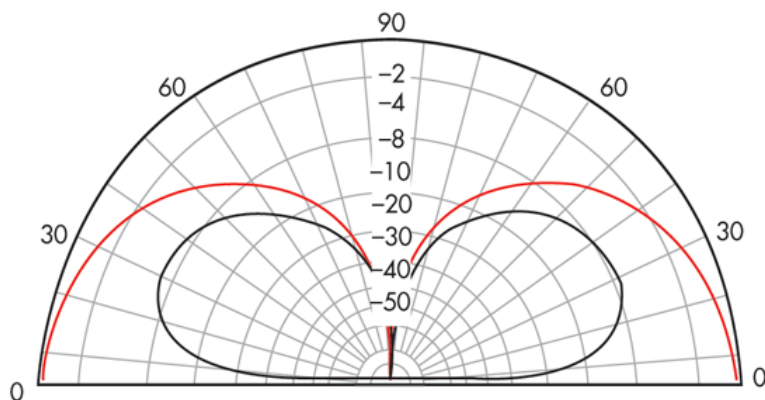


A siófoki ATU



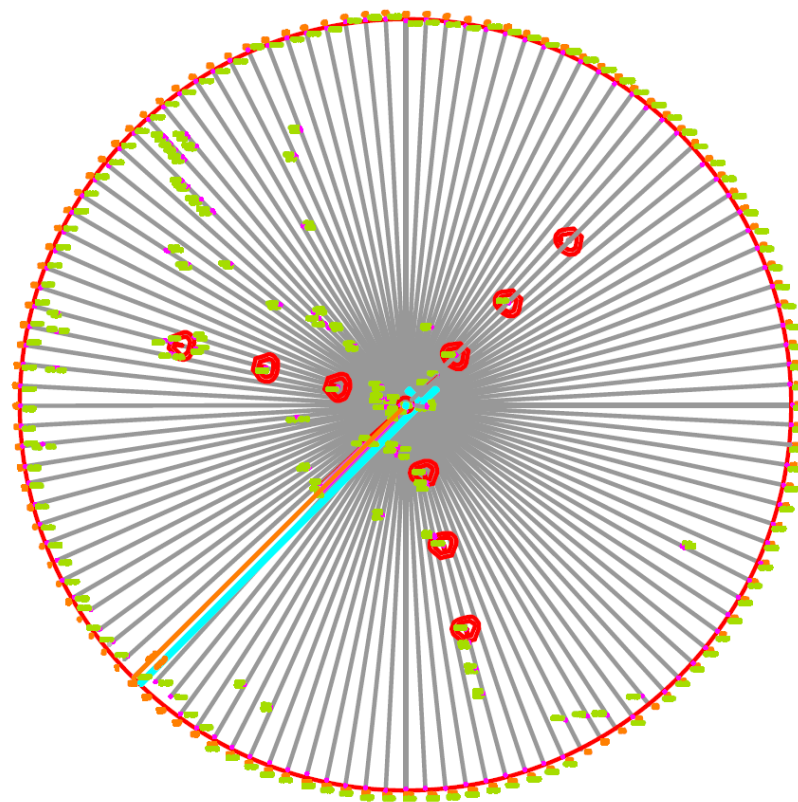
A földháló kettős szerepe

1. Táplálási pontban az antenna áramot a földbe kell vezetni (Kis veszteség)
2. Biztosítani kell a vertikálisan polarizált hullámok visszaverődését (pozitív tükörkép)



A földháló feltárása és javítása

- 120 db radiálisan 3 fok nyílásszögben kihúzott 0,6 méter mélyen, 420 méter hosszú rézvezető, mely a táplálási pont lévő gyűjtő övön keresztül földelt
- Mérés menete: 10 kHz-es induktív csatolású adóval a kerületre eső rézvezető gerjesztésre kerül és antennatalppont közelében egy vevővel detektálódik a 10kHz-es mérőjel. Mérőjel szint alapján a hiba lokalizálható
- 50db hibahely került beazonosításra, összesen 214 méter szakaszpótlással került javításra.



Antenna illesztése

Az új adóberendezés a jelenlegi 60 Ohm-os orosz merev tápvonalon és kvázi koaxiális tápvonalon keresztül fogja táplálni az önsugárzó 303,6 m magasságú (298,4 m sugárzó hosszúságú) tornyot.

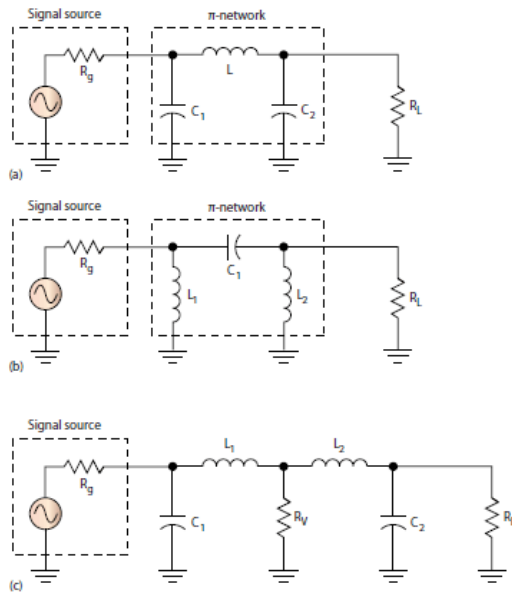
Antenna talpponti impedanciája: $Z = (140-j250)$



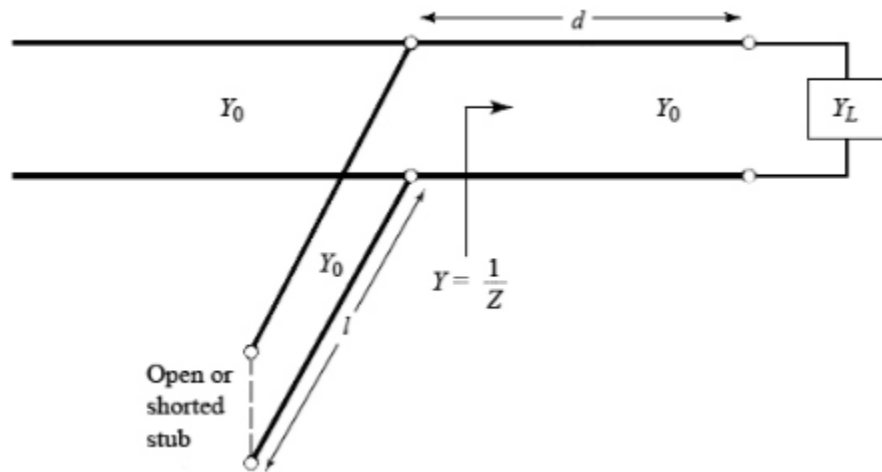
Antenna illesztése

- Antenna talpponti impedanciáját illeszteni kell az adó kimeneti impedanciájához
 - Koncentrált paraméterű illesztő körrel – ATU (pl.: Győr, Siófok, stb.)
 - Elosztott paraméterű illesztő körrel - Vonalcsonkos hangolással (pl.: Solt)

A rövidrezárt vonalcsonkos hangolás előnye a kis veszteség, a megbízhatóság. Hátránya a nagy, kiterjedt méret, ezáltal drágább és nincs lehetőség az illesztés meredekségének befolyásolására



$$Bs = -Y_0 ctg(\beta l)$$

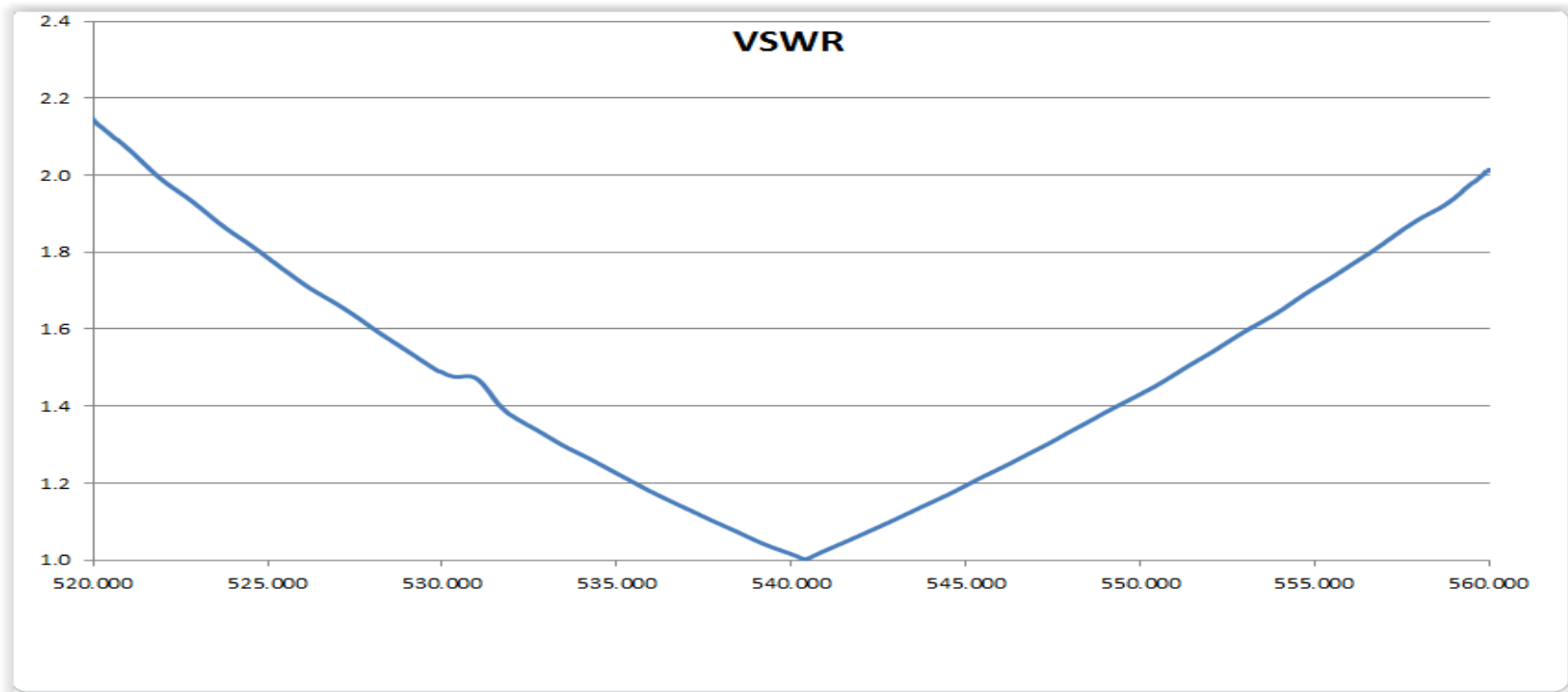


Antenna illesztése



DRM: Impedancia karakterisztika követelmény

- VSWR < 1,05 at ± 5 kHz from carrier
- VSWR < 1,10 at ± 10 kHz from carrier



DRM: Impedancia karakterisztika követelmény

- AH állásfoglalás

A jelenlegi antenna szigorúan véve nem teljesíti a DRM számára előírt VSWR feltételeket.

- Gyártói állás foglalás:

„The antenna system VSWR is 1.2:1 at +/- 4.5 kHz.

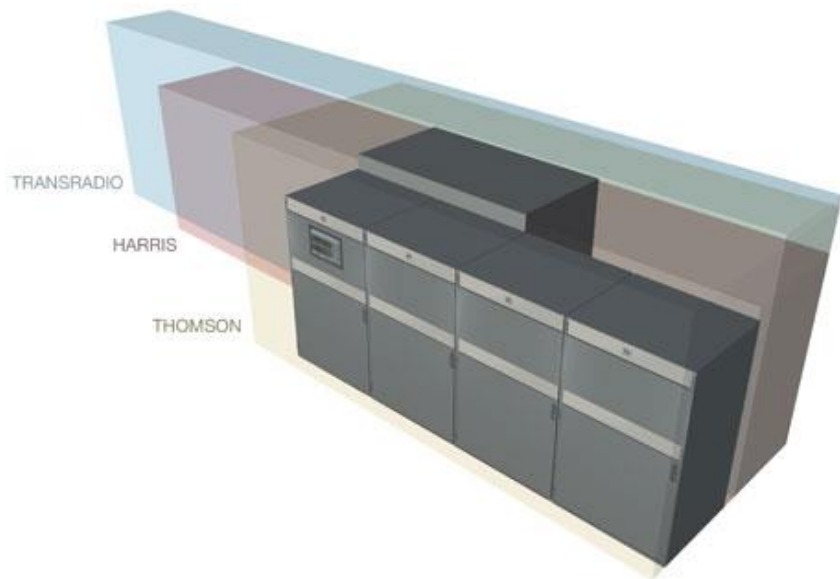
The impedance does not meet the recommended value of 1.05:1. Out of Band emissions may slightly exceed the emissions mask limits however there should be no other operational concerns”

- Megoldás:
 - DRM tesztek és mérés elvégzése. Térméréssel meg kell győződnünk, hogy valóban nem teljesítjük az előírt spektrum maszkot.
 - „Kövéritenünk kell az antennán”

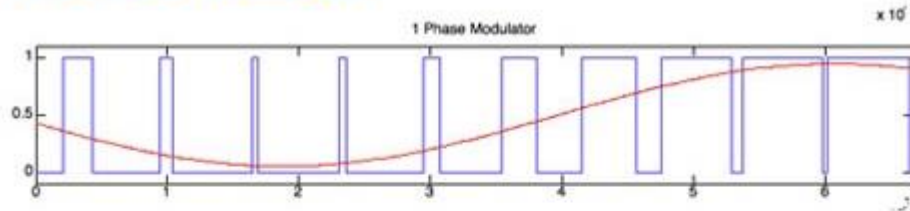
Az új adóberendezés

- A világon csak néhány gyártó kínálatában érhető el a 2000 kW kimenő teljesítményű AM adó
 - Nautel
 - Transradio
 - Harris
 - Thomson
- A kiírt pályázatra a kanadai Nautel és a német Transradio adott be ajánlatot
- Az adókiválasztásának fő szempontjai:
 - a bekerülési költsége
 - az adóberendezés energia költsége
 - tartalék eszközök költsége
 - Az adó mérete, elhelyezhetősége
- Mind a műszaki konstrukció, a bekerülési költség és az üzemeltetési költségek tekintetében a NAUTEL volt a legkedvezőbb

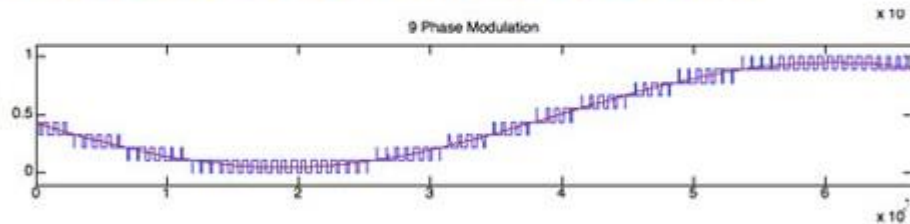
NX széria 2000kW



TRADITIONAL MODULATION



NAUTEL 2.7mHz SIX PHASE DIRECT DIGITAL MODULATION

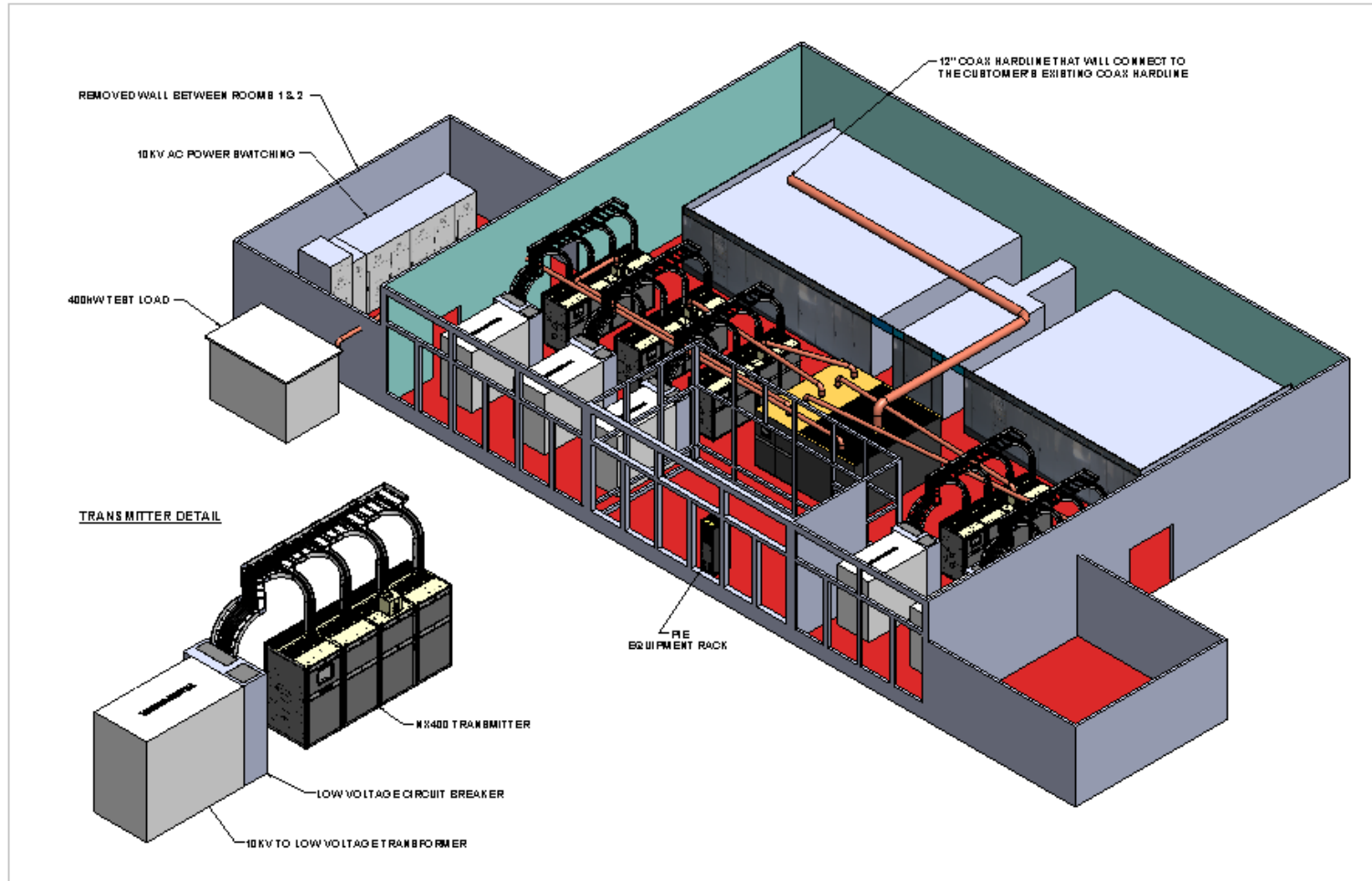


Elhelyezési korlátok

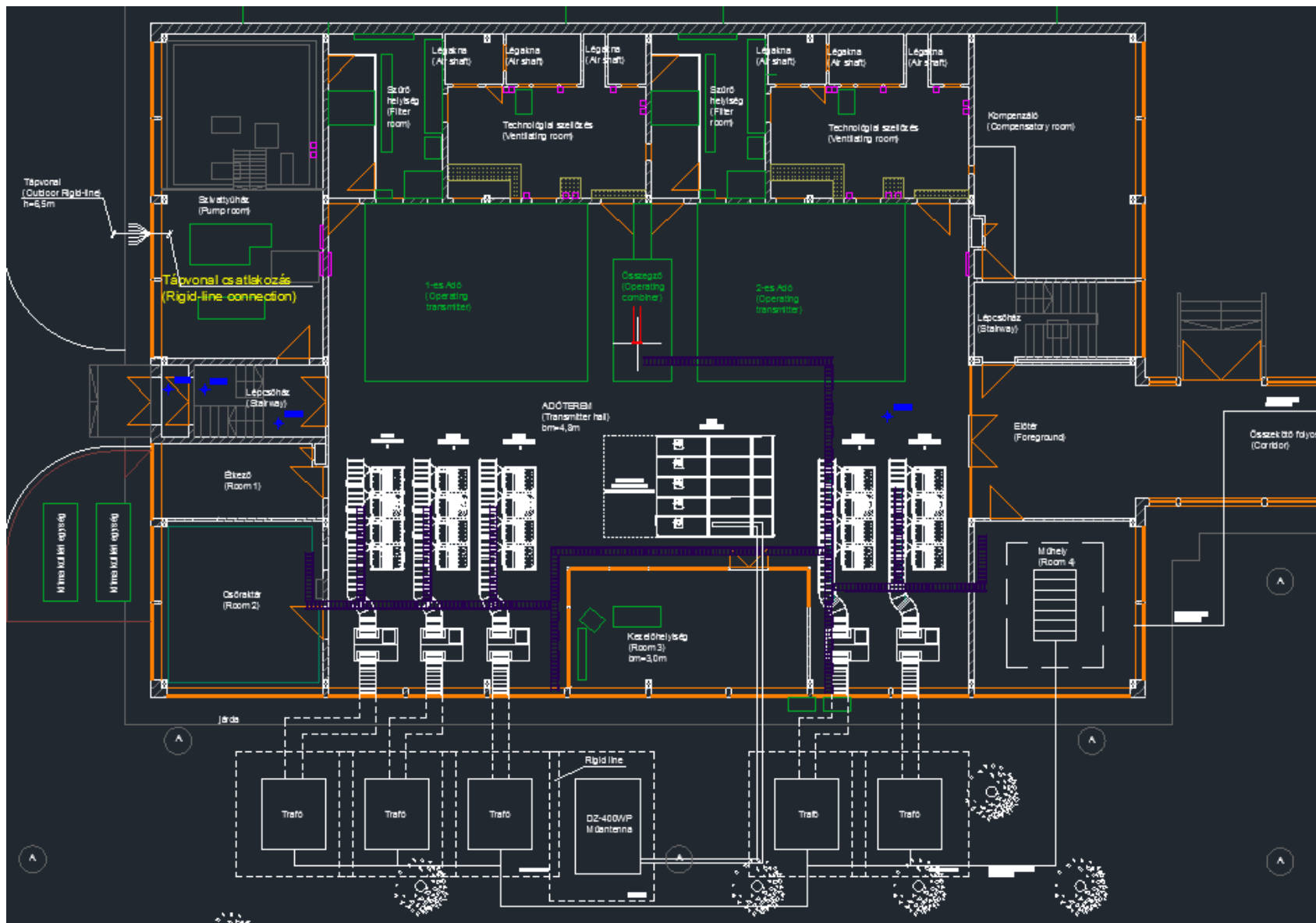
A komplexum és a benne működő jelenlegi technológia ipari műemlék!!!



Elvi elrendezés



Tervezett elrendezés

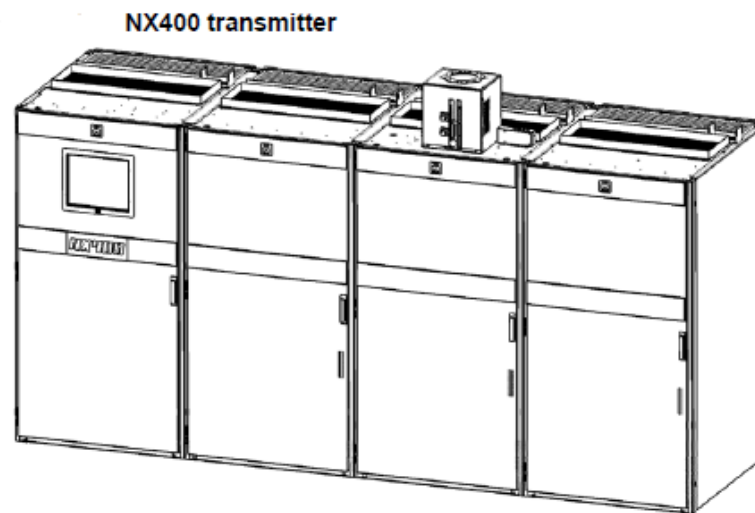
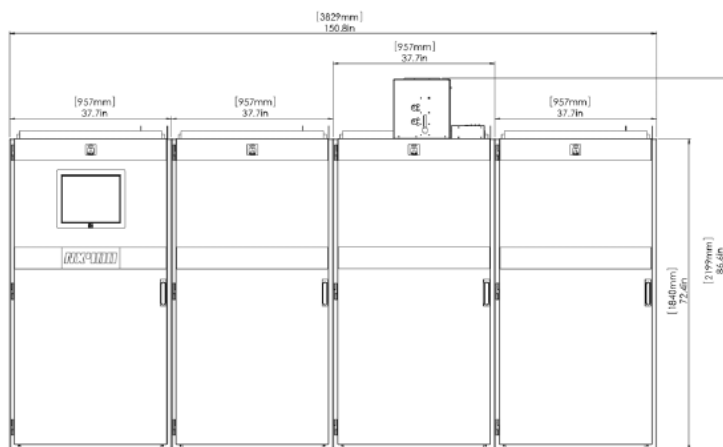


Nautel NXc2000

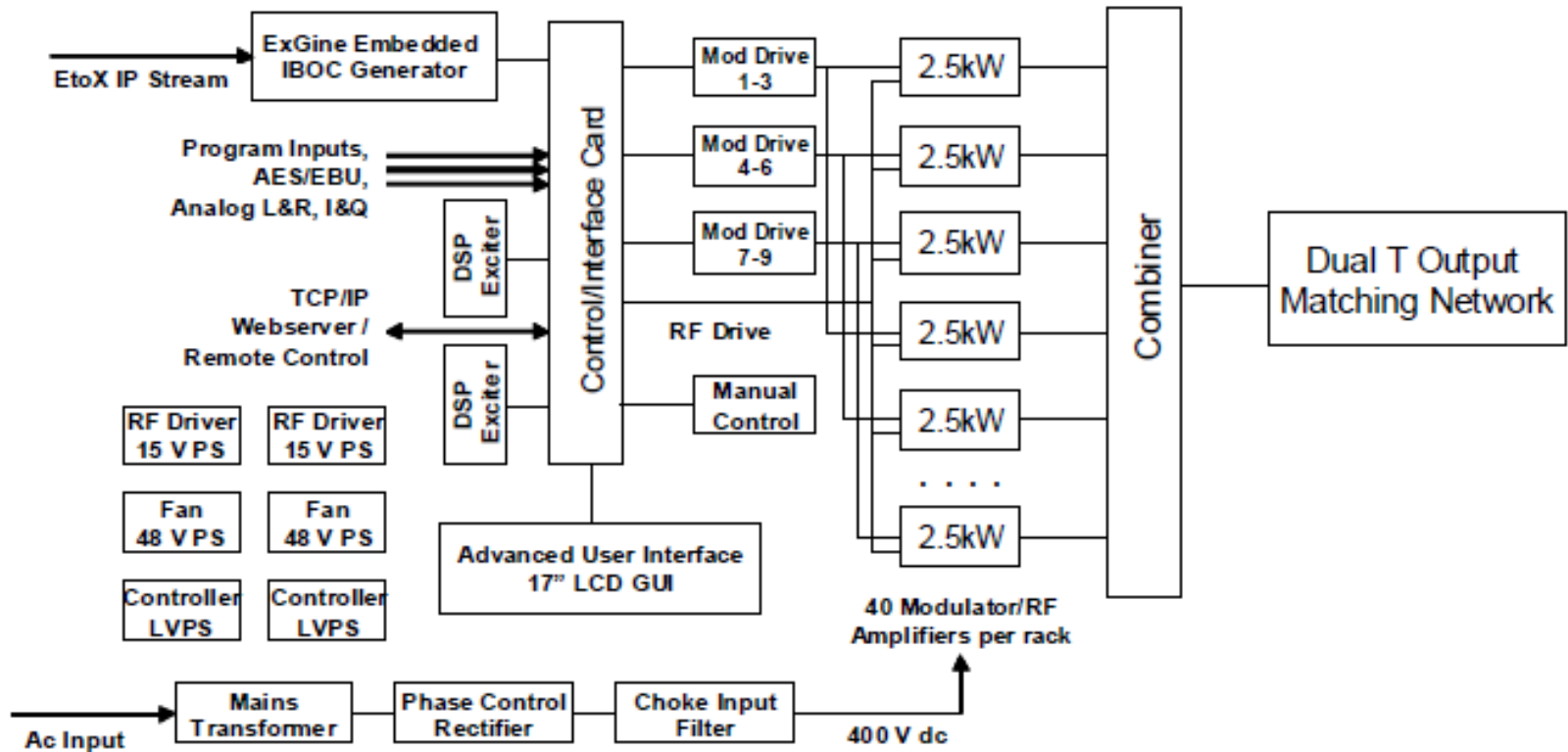
- Pout= 2000 kW (AM mód)
- 5x400kW-os teljesítményerősítő blokkból épül fel
- Teljes léghűtéses technológia (max 350kW hőveszteség)
- Hatásfoka 86-92%
- Nagy rugalmasságú hiszen egyszerre 1-5-ig bármennyi power blokk sugározhat az összegzési rendszer rugalmasságának köszönhetően
- DRM képes
- Teljes körű webes felügyelet
- SNMP set/get és trap küldés a hálózatfelügyelet számára (ROSA, NetXMS)
- MDCL megoldások pl.: DCC, DAM, AMC Vivőszint szabályzási eljárások a moduláció függvényében energia megtakarítás érdekében

NX400 teljesítményerősítő blokk

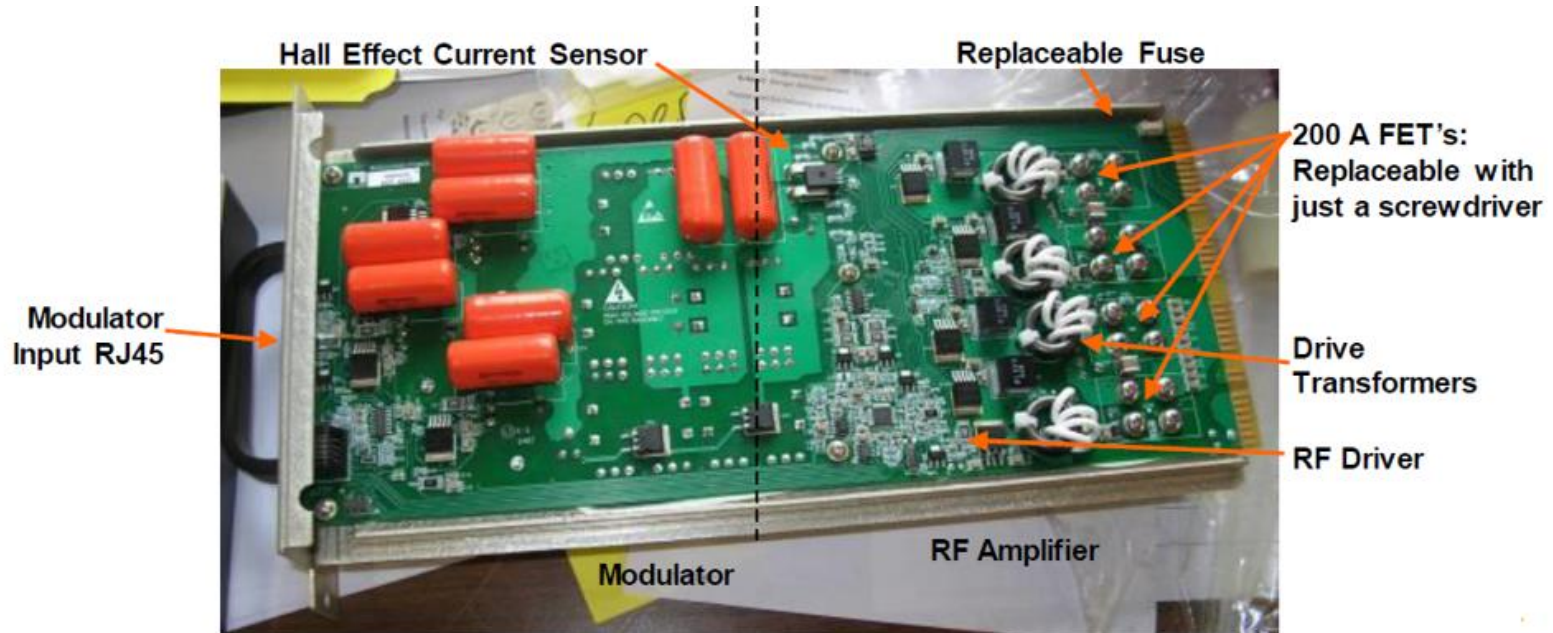
- NX400 maximális kimenő teljesítménye 440kW + moduláció
- A 400kW-nyi teljesítményt 160db teljesítményerősítő modul állítja elő
- Hot pluggable, azaz üzem közben kivehető a végfok.
- 16db hibás végfok esetén is képes a után szabályozással kimeneti teljesítmény tartására. (Tesztelésünk alapján ez 20 db végfokig igaz)
- 50 Ohm kimeneti impedancia
- 4 rack: 1 kontrol rack + 3(+1) PA rack



A teljesítményerősítő fokozat

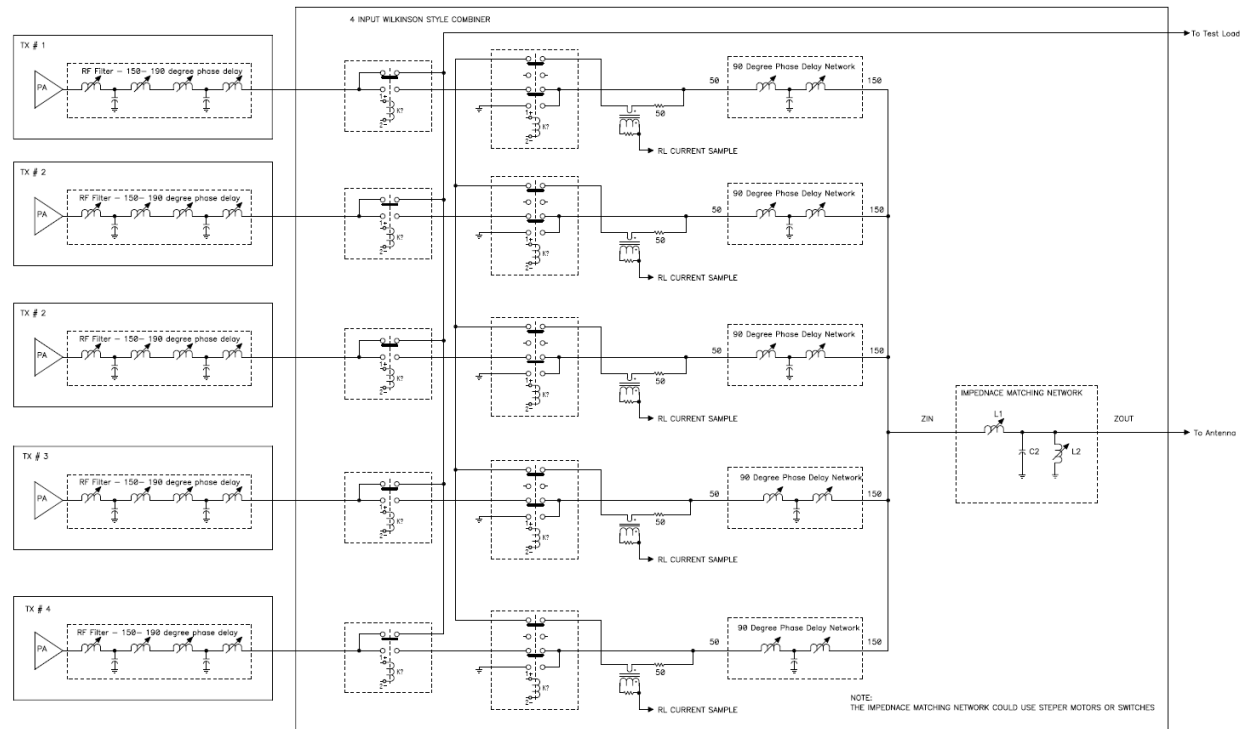


A teljesítményerősítő modul



WILKINSON típusú összegző

Üzemi körülmények között az 5db adó teljesítménye azonos amplitúdóban és fázisban összegződik. Az összegzés után valósul meg az 50 Ohm-os rendszer 60-Ohmra illesztése.



NX400 üzemmódok

- **Analog AM:** transmits a carrier, amplitude modulated with audio. Audio settings are selected in the Analog Settings tab.
- **DRM:** transmits a DRM OFDM signal using the I/Q stream from a DRM modulator connected to the desired AES input. Modulation settings are selected in the Digital Settings tab.
- **DRM+AM:** Also known as simulcast, transmits a carrier, amplitude modulated with audio and a DRM OFDM signal in either an upper or lower channel. AM settings are selected in the Analog Settings tab and DRM settings are selected in the Digital Settings tab. In this case, if balanced analog audio input is used for AM modulation, AES2 input (Digital AES input) must be used for I/Q stream from the DRM modulator. If AES is used for AM modulation, either AES input may be used for either input (AM modulation and DRM I/Q stream).
- **IBOC:** transmits an AM IBOC standard signal (carrier, amplitude modulated with audio and upper and lower sidebands of OFDM IBOC carriers). Requires an Exgine to be installed in the transmitter that is receiving modulation information from and Exporter. Both the AM signal and IBOC carriers are received in the I/Q stream from the Exgine. Modulation settings are selected in the Digital Settings tab.
- **IBOC+AM:** The transmitted signal in this mode is identical to IBOC mode. In this mode, the information for the OFDM carriers is received from the Exgine and the AM information is received through an audio input in the transmitter. In this mode, the AM audio signal cannot be connected to AES2; it must be connected to Bal Anlg Audio or AES1. AM settings are selected in the Analog Settings tab. IBOC carrier modulation settings are selected in the Digital Settings tab.

Távfelügyelet és távvezérlés

- Az adó webes felülete megegyezik azzal a felülettel amit a helyszínen az adóba épített 17" vezérlő kijelzőn elérhetünk és az adó teljes diagnosztikájára ad lehetőséget.
 - Bemeneti audio monitor
 - Kimeneti RF spektrum
 - Haladó/Reflektált teljesítmény
 - Smith diagram
 - Minden egyes PA modul áram és feszültség értékei
 - Hűtőventilátorok állapota



Modules - Rack 1										
	PM 1	PM 2	PM 3	PM 4	PM 5	PM 6	PM 7	PM 8	PM 9	PM 10
Front Panel Inhibit	1045	1025	1005	985	1025	1073	1028	9038	1021	1045
DC Current	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A
B+ Voltage	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V
PDM Duty Cycle	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PA Volts	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V	0 V
Low Voltage Supply	14.8 V	14.8 V	14.9 V	14.9 V	14.9 V	14.9 V	14.8 V	14.8 V	14.8 V	14.8 V
RF Drive Duty Cycle	44.2%	44.0%	44.2%	44.2%	44.2%	44.3%	44.0%	44.2%	44.2%	44.3%
Temperature	29.8 °C	29.0 °C	29.2 °C	29.4 °C	29.8 °C	30.1 °C	29.0 °C	29.8 °C	29.0 °C	29.4 °C
Fan 1 Speed	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm
Fan 2 Speed	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm	0 rpm

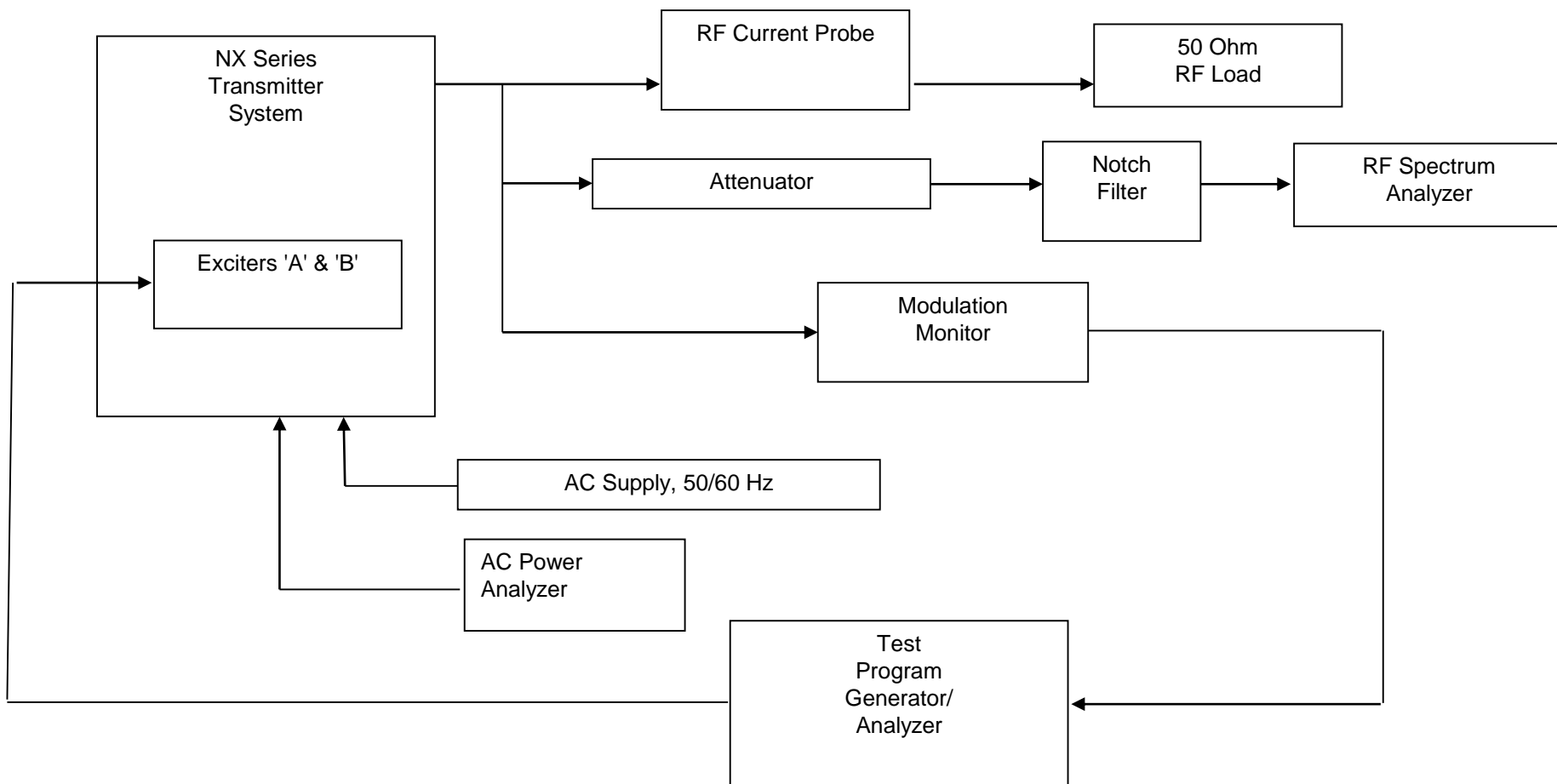
KINTRONIC MODEL DL-400WP-618 EIA

- A DL-400WP műantennát arra tervezték, hogy folyamatosan és megbízhatóan működjön kültérben 400kW RF teljesítmény 125%-os csúcs modulációval a teljes sávban
- Bemeneti impedanciája: 50 Ohm (Power blokk kimenetek 50 Ohm-osak)
- Tipikusan AC bemenet: 400V 3 fázis bemenetet igényel 50Hz-en a hűtőventillátorok üzemeltetéséhez.
- Ez a műantenna 1db NX400-as adó teljesítményére méretezett nem a teljes 2 MW-osra
- Frekvencia tartomány: 530-1705 KHz
- VSWR < 1.05:1
- Csatlakozás: Gyárilag 6-1/8" EIA Flange



Egyszerre csak egy teljesítményblokkot fogunk rajta hajtani

Gyári átvételi tapasztalatok



Teljesítmény mérés és kijelzés

- A teljesítmény mérését áram mérés és műantenna mint lezáró impedancia mérésén alapult névleges teljesítményen

	Measured RF Current [A]	Impedance Measurement	Calculated Power	UI Power Reading	Percentage Error	Pass/Fail
TX	90,2	(49.4;-0.6°) Ω	401.9kW	400kW	0.475%	Pass

$$P = I^2 |z| \cos(\theta)$$

- Redukált teljesítményen is kipróbáltuk az adót

P level	100%	50%	10%	Pass/Fail
Preset 1	400kW	200kW	40kW	Pass
Preset 2	400kW	200kW	40kW	Pass

- AC kimaradást szimulálva megmértük mennyi idő szükséges ahhoz, hogy ismét névleges teljesítménnyel üzemeljen az adó.

TX	Producing RF Power	Power to Setpoint (seconds)	Pass/Fail
Returned to Normal	9 s	9 s	Pass

- Teljesítmény mérés PA hibák esetén:

- 1kHz-es teszt jelel 100%-ig kimodulálva vizsgáltuk az adó kimenő teljesítményét miközben egyre több PA-t távolítottunk el az adóból.
- Az adóberendezésnek üzemelni kell névleges teljesítménnyel, ha a végfokainak 10%-át (16db) eltávolítjuk.
- Az adóberendezés kis kimenő teljesítmény veszteséssel kell, hogy üzemeljen ha végfokainak 15%-át eltávolítjuk

Eredmény: Az adó megfelelt még 17. eltávolított PA esetén is tartotta a névleges kimenő teljesítményt.

Teljesítmény felvétel és hatásfok

- Jelenlegi hatásfok: 65% (DCC nélkül)
- Követelmény: **AM mód esetén a hatásfok 89% ($\pm 5\%$ mérési hiba)**

	Modulation Depth	Calculated Power	Consumed Power	Efficiency	Power Factor	Pass/Fail
Exciter A	0%	401kW	446.54kW	89.8%	0.92	Pass
Exciter A	50%	451.125kW	501.08	90%	0.93	Pass
Exciter A	100%	601.5kW	668kW	90%	0.94	Pass
Exciter A	DRM	320kW	364kW	87.91%	0.94	Pass
		400kW	477kW	83.86%	0.93	
Exciter B	0%	400kW	450.5kW	88.78%	0.93	Pass
Exciter B	50%	450kW	505.01kW	89.1%	0.95	Pass
Exciter B	100%	600kW	679.92	88.74%	0.95	Pass
Exciter B	DRM	400kW	447.79kW	89.32%	0.93	Pass
		320kW	368kW	86.78%	0.91	

(15 éves üzemeltetési periódusban a villamos energia költség megtakarítás milliárdos nagyságrendben mérhető.)

Frekvencia pontosság és vivő esés

- A frekvencia pontosságot mértünk különböző esetekben stabilitást nem.
 - Követelmény: A vivő frekvencia nem térhet el jobban $\pm 0,1\text{Hz}$ -nél
- Eredmény:

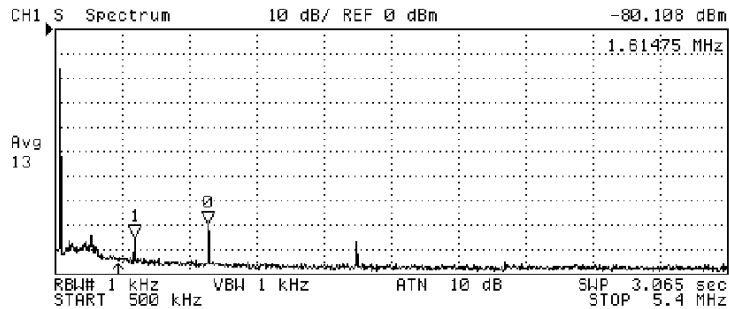
	Exciter A	Exciter B
Internal GPS	540,000.001Hz	540,000.001Hz
Exciter Oscillator	540,000.04Hz	540,000.110Hz
External 10MHz	539,999.998Hz	539,999.998Hz

Megjegyzés: Az adók külső 10MHz-es jellel lesznek ellátva

- A modulációs mélység változtatása mellett $m=0\%$ -ról $m=50\%$ -ra és $m=90\%$ -ra vizsgáltuk a vivőfrekvencia szintjének változását.
 - Követelmény: A vivő esés nem haladhatja meg az 1% -ot

	0 % Mod	50 % Mod		95 % Mod			
	Average AC Volts	Shift in dB	Shift in %	Average AC Volts	Shift in dB	Shift in %	Average AC Volts
Exciter A	397V	-0.03	-0.344	396V	-0.03	-0.344	391V
Exciter B	398V	-0.02	-0.229	397V	-0.02	-0.229	391V

Nem kívánt sugárzás



N	SWP PARAM	VAL
0	1.61475 MHz	-80.108 dBm
1	1.07575 MHz	-85.603 dBm

SELECT
LETTER

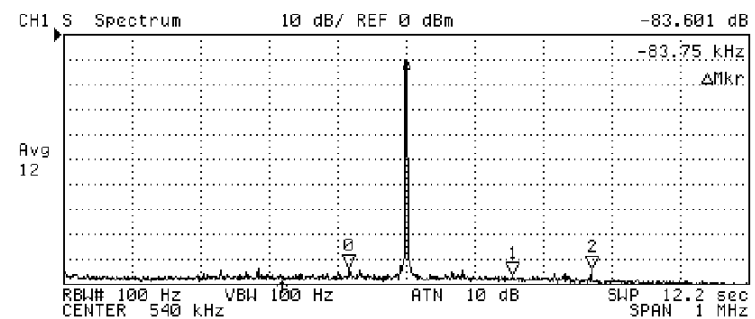
SPACE

BACK
SPACE

ERASE
TITLE

DONE

STOR_DEV
[DISK]



N	SWP PARAM	VAL
0	-83.75 kHz	-83.601 dB
1	155 kHz	-86.702 dB
2	270 kHz	-84.199 dB
A	540 kHz	-9.9645 dBm

SELECT
LETTER

SPACE

BACK
SPACE

ERASE
TITLE

DONE

STOR_DEV
[DISK]

- A mérési eredmények megfelelnek a következő szabványok követelményeinek:
 - ITU SM 329-12
 - ETSI EN 302-017-1
 - ETSI EN 302-017-2
 - EN 302 245-1
 - EN 302 245-2

Audio mérések

Audio Precision

95% Modulation/AES
THD+N(%) and Response(dBr) vs Frequency

02/23/17 09:30:43

Bemenet:

ExciterA AES1-input

Mod mélység:

m=10%, 25%, 50%, 95%

Tartomány:

30Hz - 10kHz

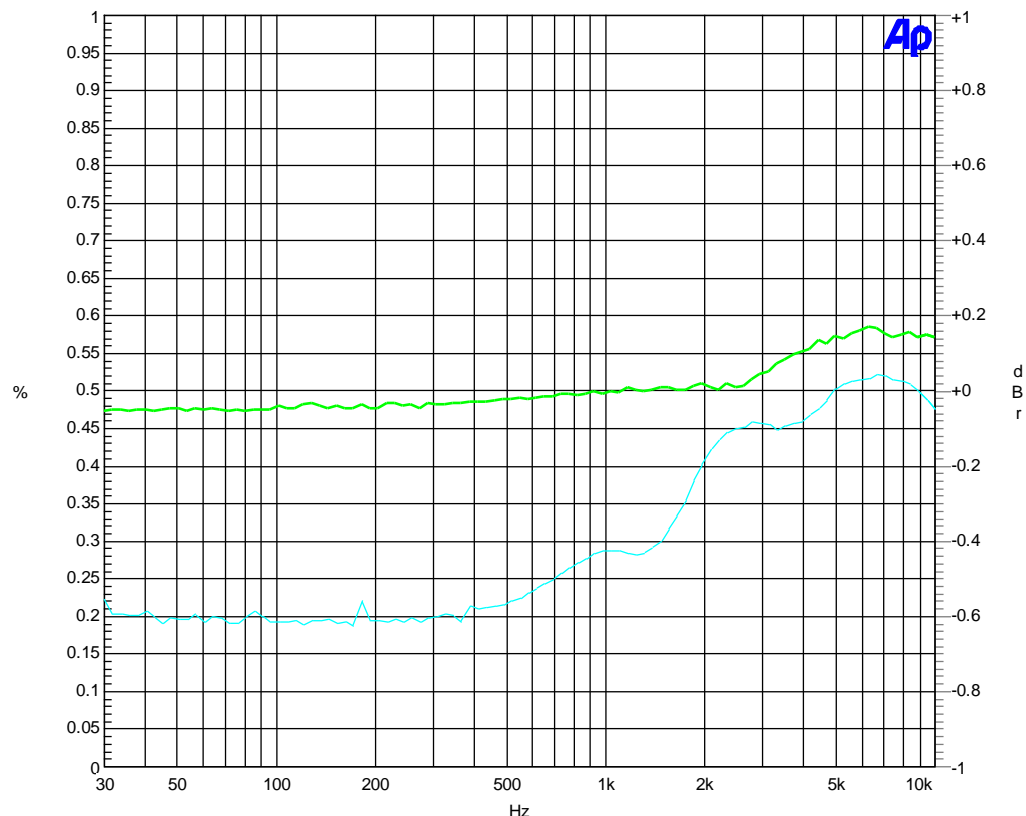
Szűrés

BrickWall Audio filter:OFF

Követelmény:

Átvitel: ± 1 dB

THD+N: 1%-nál jobb



Blue Line = Distortion
Green Line = Response
Limits: Distortion 1%
Response +.2 / -.8 dB

Audio mérések

Audio Precision

95% Modulation/AES
THD+N(%) and Response(dBr) vs Frequency

02/22/17 16:13:43

Bemenet:

ExciterA AES1-input

Mod mélység:

m=10%, 25, 50, 95%

Tartomány:

30Hz - 10kHz

Szűrés:

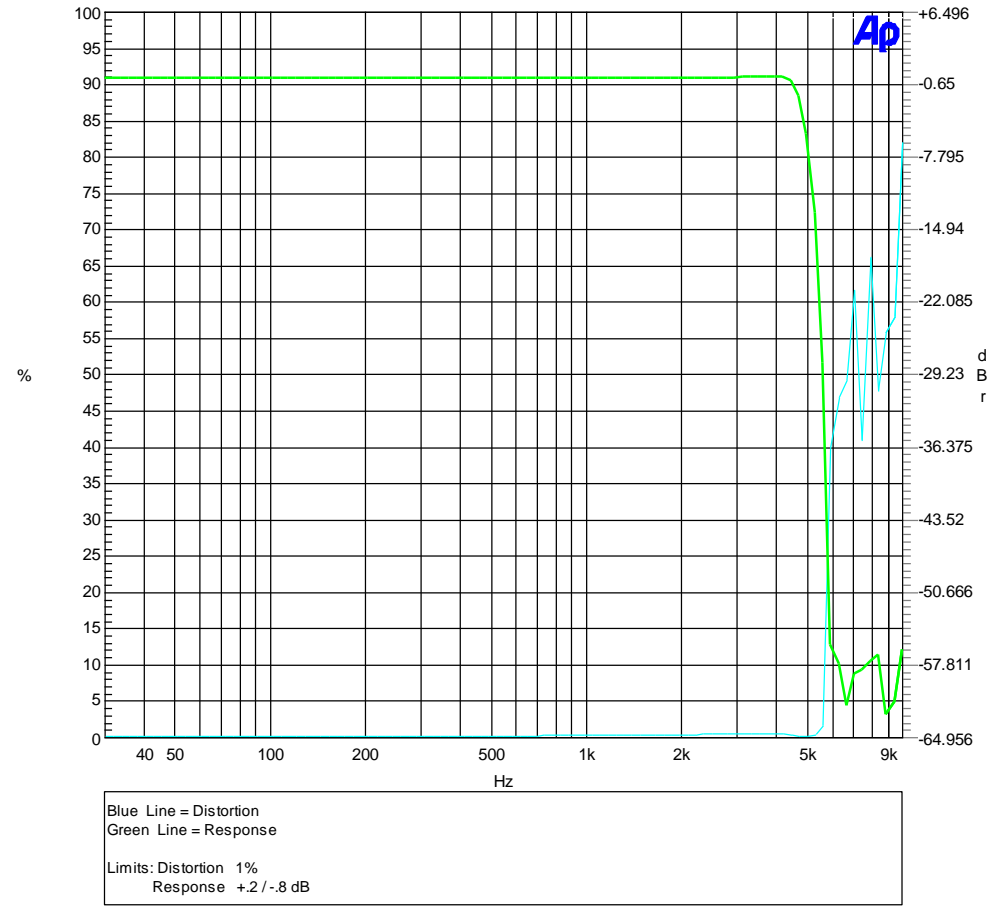
BrickWall Audio filter: ON

Cut off freq: set to 5kHz

Követelmény:

Átvitel: ± 1 dB

THD+N: 1%-nál jobb



Audio mérések

Audio Precision

95% Modulation/AES
THD+N(%) and Response(dBr) vs Frequency

02/22/17 16:11:56

Bemenet:

Exciter A AES1-input

Mod mélység:

m=10%, 25, 50, 95%

Tartomány:

30Hz - 4,5KHz

Szűrés:

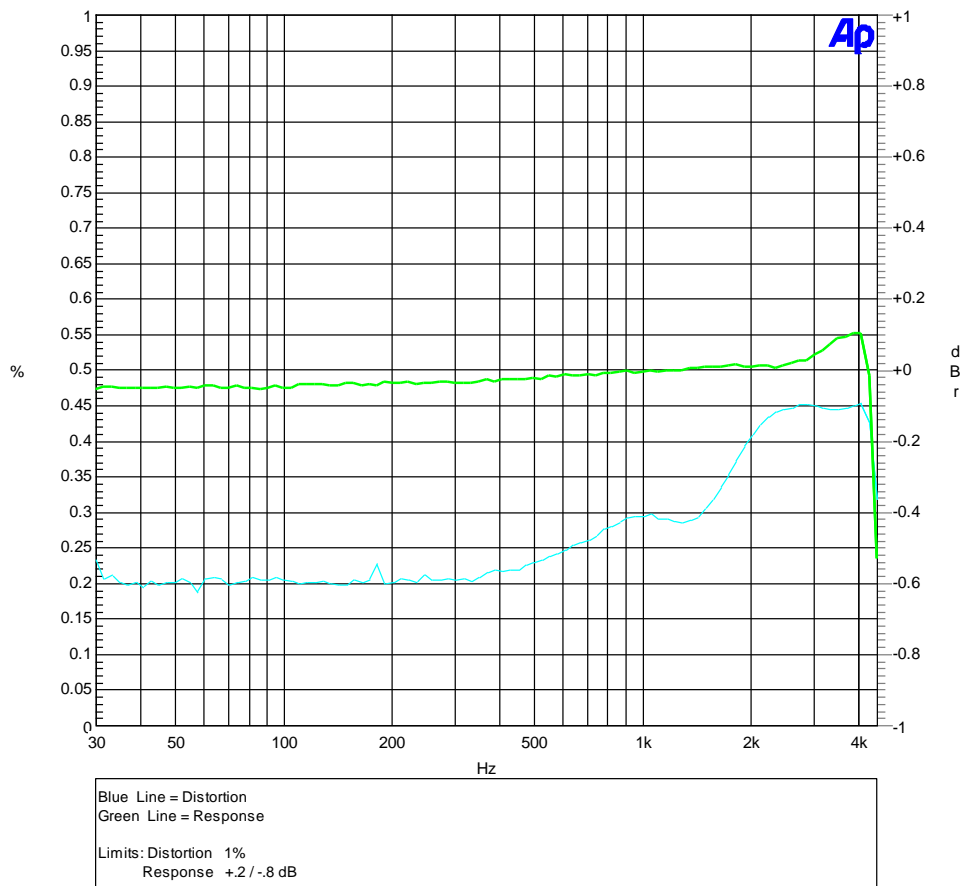
BrickWall Audio filter: ON

Cut off freq: set to 5kHz

Követelmény:

Átvitel: ± 1 dB

THD+N: 1%-nál jobb



Audio mérések

Audio Precision

50% Modulation/AES
THD+N(%) and Response(dBr) vs Frequency

02/22/17 16:30:17

Bemenet:

Exciter A AES1-input

Mod mélység:

m=10%, 25, 50, 95%

Tartomány:

30Hz - 10kHz

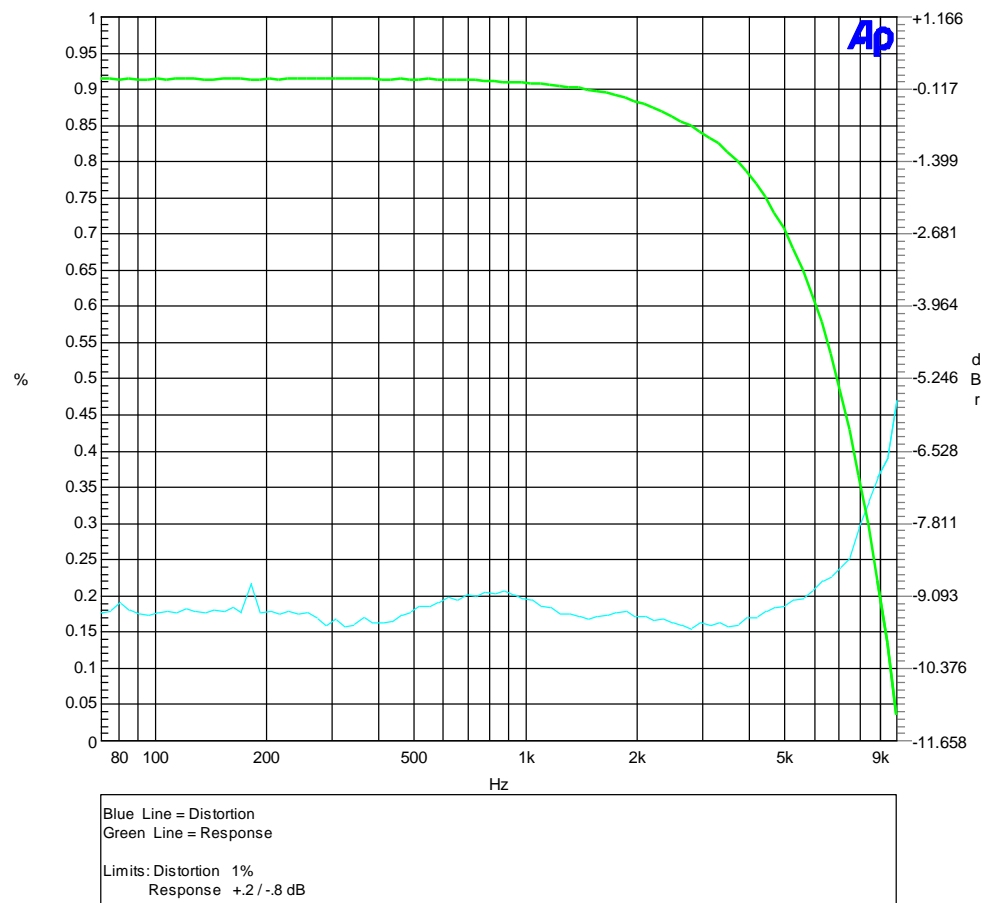
Szűrés:

Min Overshoot AudioFilter: ON

Követelmény:

±0,5dB 30Hz-4kHz-ig

+0,5 -1,5db 4kHz-4,5kHz-ig



Intermodulációs torzítás, zaj

SMPTE 60 Hz/7 kHz

(Limit <0,5%)

- SMPTE 1:1 → 0,19001%
- SMPTE 4:1 → 0,41411%

SMPTE 60 Hz/3 kHz

(Limit <0,5%)

- SMPTE 1:1 → 0,28349%
- SMPTE 4:1 → 0,69074%

Zajszint: -65,706 dBr

(Limit >60dB)

Megjegyzés: A MR felé 50dB-nél jobb vállalásunk van

Funkcionális tesztek

- Meghajtó váltás és automatikus tartalékolás
- Ütemezett átkapcsolások
- Audio loss esetén tartalékolás..
- Távfelügyelet
- Reflexió védelem

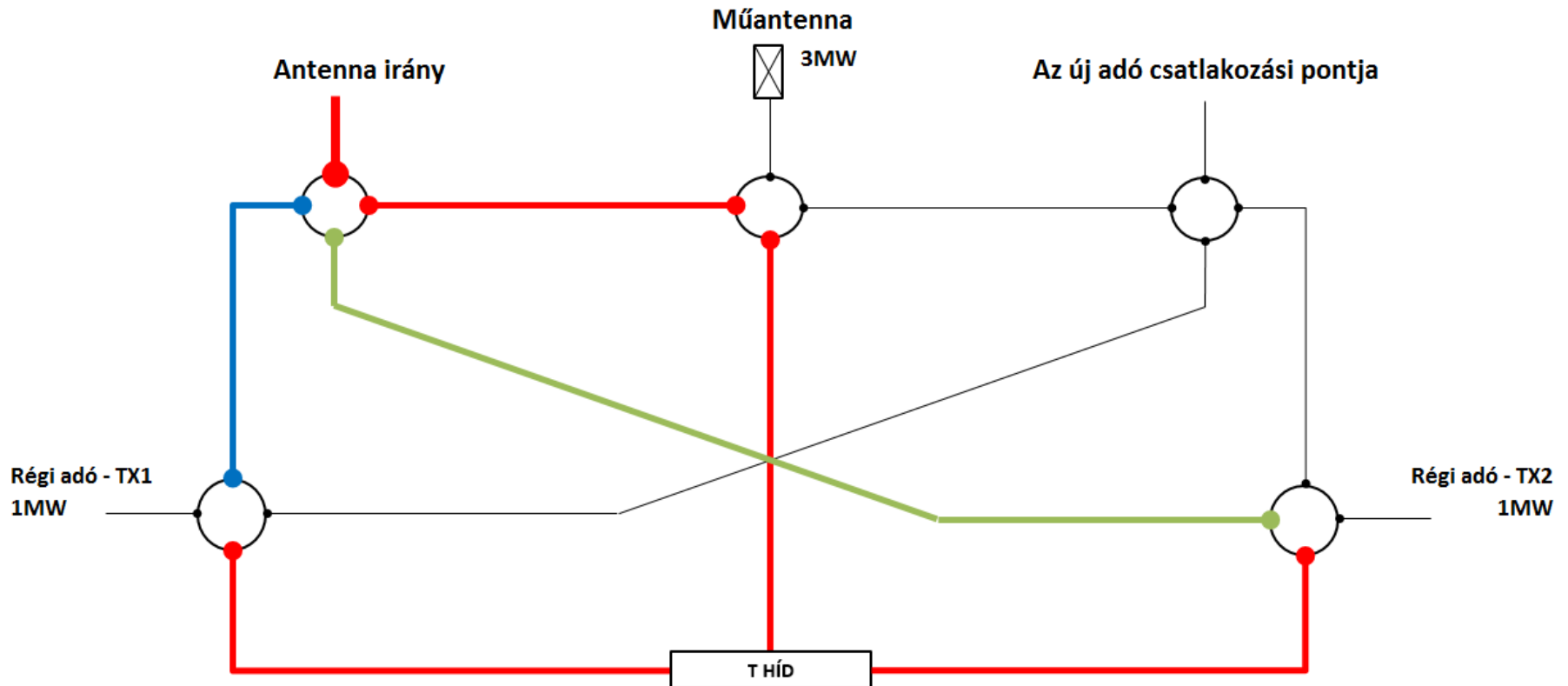
Az adó és legyőzője



Üzembe helyezés

- 2017. augusztus és szeptember (+ 6 hónap tesztüzem)
- Az új adóberendezés átvétele a jelenlegi adóval szállított 3MW-os műantennára fog történni.
- Átvételi protokoll megegyezik a gyári protokollal, kivéve...
 - 5 hetes periódus a teljes átvételi protokoll
 - 4 hét teljes teljesítményű teszt
 - 1 hét SAT periódus
- Ezen feltételek miatt az új adó a jelenlegi adó összegző és kapcsoló rendszerére fog csatlakozni, mely 2 antennára volt előkészítve ezt kihasználva az új adó átadási felülete a nem használt antenna kimenet lesz

Párhuzamos üzem – régi vagy új adásrendszer





BME TMIT – Budapest – 2017.04.12

KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!!!