

Yagi antenna szimulációja

Nyiri Levente

2026 Január

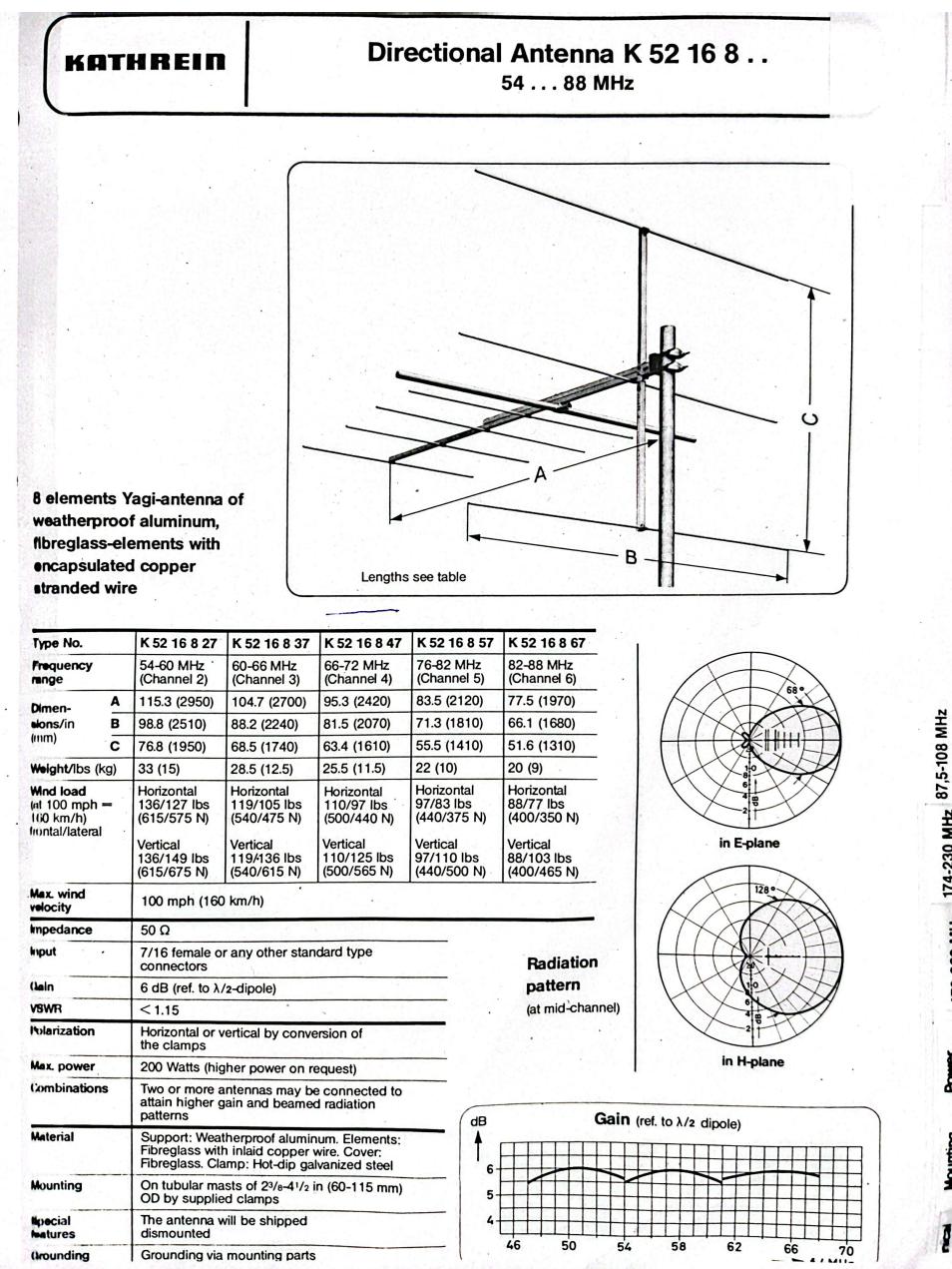
1. Bevezetés

A Yagi-Uda antennát Shintaro Uda találta fel az 1920-as években, viszont eredményeit japánul dokumentálta, így a világ többi részén csak akkor lett ismert, amikor Hidetsuru Yagi leírta az eredményeit angolul is. Annak ellenére, hogy kreditálta Uda munkáját, az antennára leggyakrabban csak Yagi antennaként hivatkoznak.

Ez egy antenna rendszer, amelyben egy dipólantennát vesznek körül parazita elemekkel, hogy jobb irányítottságot érjenek el.

Az elmúlt évtizedekben ez lett a legelterjedtebb antenna TV vételére VHF és UHF sávokon.

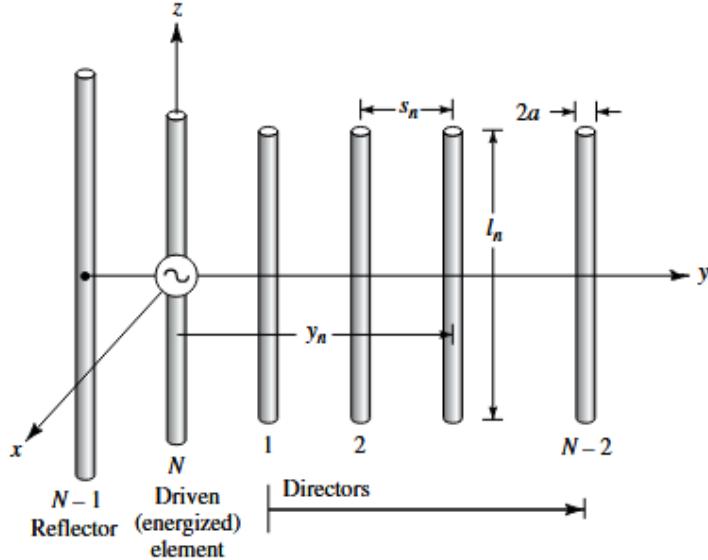
Én a feladatomhoz kaptam a Tanár Úrtól egy dokumentumot, amelyben különböző Yagi antenna dimenziók vannak megadva VHF sávon, ebből fogok kiindulni, egy 58MHz-s antennát fogok tervezni a K 52 16 8 27-es oszlop alapján.



1. ábra. Antenna dimenziók

2. Elméleti ismeretek összefoglalása

Egy Yagi antenna 3 részből áll: egy reflektorból (ritkán alkalmaznak többet, mivel jelentősen nem javítja a reflektivitást, jelen esetben pont 3 lesz), egy táplált félhullámú dipólból (a továbbiakban DE, mint driven element-ként fogok rá hivatkozni) és egy vagy több direktorból. A felépítést a 2. ábra mutatja. A DE leggyakrabban egy hajlított dipólus, én a szimulációban egyszerű vezetéket alkalmaztam.



2. ábra. Yagi antenna általános felépítése [1]

A reflektor valamivel nagyobb, mint a DE, a direktorok pedig valamivel kisebbek.

A sugárzási irány a direktorok irányába mutat, és minél több direktort használunk, annál jobb az irányító hatás, bár egy bizonyos szám fölött már elhanyagolható a javulás, inkább több Yagi antenna egymás mellé rakásával szoktak függönyantennát létrehozni.

Mivel a reflektor hosszabb mint a DE, ezért az impedanciája induktív lesz, a direktoroké (mivel ők pedig rövidebbek) kapacitív. Ez egy fázisprogresszióhoz fog vezetni az antenna mentén, amely hasonló lesz egy haladóhulláméhoz, a DE terét a direktorok irányába fogja erősíteni.

A Yagi antenna rendszerre tekinthetünk egy olyan struktúraként, amely egy haladóhullámot támogat, amelynek a teljesítménye az egyes elemek árameloszlásán és a fázissebességen múlik [1].

3. Tervezés

A tervezés során a céлом, hogy eredményképpen egy olyan antennát kapjak, ami tükrözi az 1. ábrát, tehát amelynek a VSWR-je <1.15 , gain legalább 6dBi, bemeneti impedancia 50Ω és hasonló iránykarakterisztikája van.

A tervezés során a céлом, hogy eredményképpen egy olyan antennát kapjak, amely tükrözi a(z) 1. ábrát, tehát:

- **VSWR:** $< 1,15$.
- **Gain:** Legalább 6 dBi.
- **Bemeneti impedancia:** 50Ω .
- **Iránykarakterisztika:** A 1. ábrához hasonló.

Az adott értékek:

Szimbólum	Leírás	Érték[m]
A	Reflektor és utolsó direktor távolsága	2.95
B	Reflektor hossza	2.51
C	Reflektorok távolsága Z síkban	1.95

1. táblázat. Az adott dimenziók

A szimulációt szabadtérben végeztem, a vezető anyagának rezet adtam meg, a kábelek sugarát 0.0025λ -nak választottam.

Parazitikus elemek jelenlétében a DE optimális hossza nem pontosan 0.5λ , hanem valahol $0.45\text{-}0.49\lambda$ között van [1].

Bár az "Antenna Theory Analysis and Design" könyv azt írja, hogy tipikusan a direktorok között $0.3\text{-}0.4\lambda$ hely van, ez jelen esetben nem megvalósítható, mivel a reflektor és az utolsó direktor közti távolság adott, és túl nagy lenne a lépésköz. Más forrásokban azt találtam, hogy $0.25\text{-}0.005\lambda$ közti távolságokat gyakran alkalmazznak [2].

Az optimális tervhez a direktorok közti távolság nem konstans. Kiindulásképpen beállítottam ezeket a távolságokat megfelelő kompromisszumnak tűnő értékekre.

Chen és Cheng kutatásán megihletődve ezután a 4nec2 optimizer-ének használatával optimalizáltam a távolságokat a direktorok között, először csak az SWR-re és a reaktanciára egyenlő súlytalálmánnyal. Ezután megadtam paramétereket a DE és a direktor hosszát is, a DE és a reflektor távolságát, és a DE-direktor illetve a direktorok távolságát, és előre-hátra viszonyra, SWR-re és reaktanciára egyenlő súlyokkal optimalizáltam még egyszer [3].

Az eredeti és az optimalizált értékeket a 2. táblázat mutatja.

Szimbólum	Leírás	Eredeti érték	Optimalizált érték
DE	Sugárzó hossza (Driven element)	0.48λ	0.48λ
DirLen	Direktorok hossza	0.45λ	0.45λ
RD	Reflektor–sugárzó távolság	0.15λ	0.2λ
DE_D1	Sugárzó–D1 távolság	0.15λ	0.15λ
D1_D2	D1–D2 távolság	0.1λ	0.083λ
D2_D3	D2–D3 távolság	0.08λ	0.054λ
D3_D4	D3–D4 távolság	0.06λ	0.062λ

2. táblázat. A Yagi antenna eredeti és optimalizált paraméterei

Optimalizálás előtt a VSWR 4.45dB volt, utána 1.14, tehát jelentősen javult a geometriának az enyhe módosításával, anélkül, hogy a nyereséget befolyásolta volna.

Filename	Yagi_Nyiri-Levente_E	Frequency Wavelength	58 5.169	Mhz mtr	Filename	YAGI_NYIRI-LEVEN	Frequency Wavelength	58 5.169	Mhz mtr
Voltage	57.9 + j 0 V	Current	1.73 - j 2.24 A		Voltage	66.3 + j 0 V	Current	1.51 - j 7e-5 A	
Impedance	12.5 + j 16.2	Series comp.	169.4	pF	Impedance	44 + j 2e-3	Series comp.	1.4e6	pF
Parallel form	33.5 // j 25.8	Parallel comp.	106.4	pF	Parallel form	44 // j 1.e6	Parallel comp.	3.e-3	pF
S.W.R.50	4.45	Input power	100	W	S.W.R.50	1.14	Input power	100	W
Efficiency	99.3 %	Structure loss	695.8	mW	Efficiency	100 %	Structure loss	0	uW
Radiat-eff.	98.98 %	Network loss	0	uW	Radiat-eff.	99.3 %	Network loss	0	uW
RDF [dB]	9.47	Radiat-power	99.3	W	RDF [dB]	9.5	Radiat-power	100	W

(a) Eredeti adatokkal mért eredmények

(b) Optimalizált adatokkal mért eredmények

3. ábra. Közös felirat a két képnek (pl. Eredeti és optimalizált állapot)

Balanis azt írta, hogy a reflektor és a DE távolsága főkéne az előre-hátra viszonyra és a bemeneti impedanciára van hatással, szóval kíváncsiságból minden mást változatlanul hagyva megváltoztattam a reflektor-DE távolságot 0.2λ-ra, és már így is 2.4-re javult a VSWR.