

# NÁVRH YAGI-UDA ANTÉNY POMOCÍ EVOLUČNÍCH ALGORITMŮ

Pavel Matyáš, Petr Minář

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a Informatiky

## Abstract

Článek se věnuje návrhu Yagi-Uda antény pomocí evolučních algoritmů. Algoritmus HC12, jež je využit jako hlavní optimalizační algoritmus, diferenciální evoluce a Nelder-Mead algoritmus. Cílem dalších dvou algoritmů je srovnání s HC12. Byla vyvinuta vlastní fitness funkce a použita k vyhodnocení kvality navržené antény. Tato fitness funkce je popsána v kapitole Experimenty. Výsledky jsou ve formě tabulek a grafů uvedeny v kapitole Výsledky.

## 1 Úvod

V dnešní době bezdrátových technologií je stále více kladen důraz na kvalitní návrh antén. Dobrý návrh antén však vyžaduje znalosti, inteligenci a zkušenosti. Tyto požadavky by mohly plně zastoupit automatické konstrukční systémy, které však chybí. Jako vhodný nástroj pro návrh a optimalizaci antén se nabízejí evoluční algoritmy, které jsou schopny efektivně prohledat neznámé konstrukční prostory.

Tato práce si klade za cíl prozkoumat vhodnost evolučních algoritmů pro automatizovaný návrh antén. Diferenciální evoluce algoritmus (DE) je jednoduchý, ale účinný populační stochastický vyhledávací algoritmus, který byl navržen Storn a Price [1] v roce 1995.

Jako referenční typ antény byla vybrána anténa typu Yagi-Uda, jež představuje dostatečně složitou konstrukci s vhodnými optimalizační problémy.

## 2 Experimenty

Vhodnost těchto algoritmů pro návrh antén byla testována pomocí návrhu Yagi-Uda antény pro co nejlepší parametry ve stanoveném frekvenčním pásmu 290 až 310 MHz. Toto pásmo bylo vybráno z toho důvodu, jelikož veškeré geometrické délky prvků antény jsou vztahovány k délce vlny  $\lambda$ . V případě frekvenčního pásma okolo 300 MHz je délka vlny zhruba rovna 1. To nám dává lepší představu o celkových rozměrech navržené antény. Kvalita konstrukce je vyjádřena matematicky objektivní fitness funkcí. Tato funkce byla navržena experimentálně a zahrnuje tři vybrané parametry antény, které definují její celkovou kvalitu. Jelikož mezi jednotlivými parametry antény existuje jistá souvislost, takže výsledná anténa je vždy jakýmsi kompromisem mezi těmito parametry, kterými jsou zisk antény  $G$ , vstupní impedance antény vyjádřená pomocí poměru stojatých vln  $VSWR$  (zkratka vychází z anglického slovního spojení *voltage standing wave ratio*) a předozadní poměr  $F/B$ . Výsledná fitness funkce  $F$  má tvar.

$$F = -G_L + (a * vswr_{max}) + \left(b * \frac{F}{B_{min}}\right) \quad (1)$$

Při návrhu antén je zvykem navrhovat anténu pouze pro střed uvažovaného pásma, což je v našem případě 300 MHz. Jelikož jsme od samého počátku využívali automatizovaného návrhu pomocí evolučních algoritmů, tak jsme si mohli dovolit strategii, kdy jsme uvažovali parametry v celé šířce pásma a z tohoto pásma jsme vybírali nejhorší variantu parametrů. Tento přístup omezil počet vyhovujících řešení, ale na druhou stranu se vyhneme situacím, kdy by výsledná anténa měla výborné

výsledky pro střed pásma, ale pro okolní frekvence budou tyto parametry nevyhovující. V případě zisku a předozadního poměru uvažujeme jejich nejnižší hodnotu  $G_L$  a  $F/B_{\min}$ . U poměru stojatých vln uvažujeme jeho nejvyšší hodnotu  $vswr_{\max}$ . Pomocí konstant  $a$  a  $b$  můžeme následně upravit váhu, jakou budou mít parametry  $vswr$  a  $F/B$  vůči zisku  $G_L$ . Konstanta  $a$  určuje váhu poměru stojatých vln a nabývá těchto hodnot.

$$a = \begin{cases} 0.1, & \text{if } vswr \leq 1.8 \\ 30.0, & \text{if } vswr > 1.8 \end{cases}$$

V případě konstanty  $b$  odpovídající váze parametru předozadního poměru je hodnota následující.

$$b = 30$$

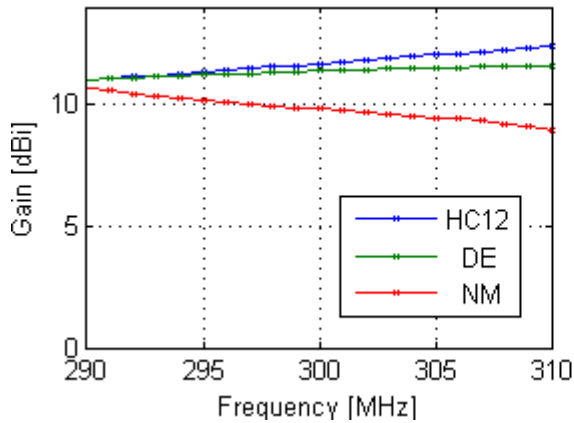
### 3 Výsledky

Na základě stanovené fitness funkce (1) byla provedena série simulací pro každý vybraný algoritmus. Nejlepší dosažené výsledky pro jednotlivé algoritmy jsou uvedeny v následující tabulce 1. Tabulka obsahuje i rozměry jednotlivých elementů antény a rozteče mezi jednotlivými elementy. Na konci tabulky jsou uvedeny dosažené hodnoty tří vybraných parametrů, které byly zahrnuty do fitness funkce (1).

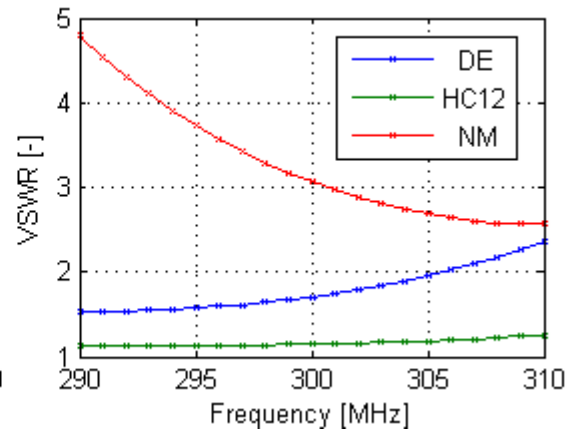
Tabulka 1: SOUHRN PARAMETRŮ NAVRŽENÝCH ANTÉN

Algoritmus	NM		DE		HC12	
Element	Délka [m]	Mezera [m]	Délka [m]	Mezera [m]	Délka [m]	Mezera [m]
1	0.068 $\lambda$	0.395 $\lambda$	0.479 $\lambda$	0.310 $\lambda$	0.464 $\lambda$	0.190 $\lambda$
2	0.380 $\lambda$	0.130 $\lambda$	0.443 $\lambda$	0.126 $\lambda$	0.464 $\lambda$	0.145 $\lambda$
3	0.384 $\lambda$	0.344 $\lambda$	0.357 $\lambda$	0.230 $\lambda$	0.294 $\lambda$	0.266 $\lambda$
4	0.111 $\lambda$	0.196 $\lambda$	0.254 $\lambda$	0.202 $\lambda$	0.286 $\lambda$	0.164 $\lambda$
5	0.281 $\lambda$	0.171 $\lambda$	0.016 $\lambda$	0.158 $\lambda$	0.286 $\lambda$	0.209 $\lambda$
6	0.228 $\lambda$	0.258 $\lambda$	0.206 $\lambda$	0.145 $\lambda$	0.183 $\lambda$	0.374 $\lambda$
7	0.241 $\lambda$	0.108 $\lambda$	0.063 $\lambda$	0.329 $\lambda$	0.063 $\lambda$	0.158 $\lambda$
8	0.172 $\lambda$	0.243 $\lambda$	0.262 $\lambda$	0.317 $\lambda$	0.183 $\lambda$	0.190 $\lambda$
9	0.256 $\lambda$	0.194 $\lambda$	0.294 $\lambda$	0.310 $\lambda$	0.079 $\lambda$	
10	0.285 $\lambda$		0.278 $\lambda$			
<b>Zisk [dBi]</b>	<b>9.0 ÷ 10.5</b>		<b>11.0 ÷ 12.5</b>		<b>11.0 ÷ 11.6</b>	
<b>VSWR [-]</b>	<b>2.55 ÷ 4.95</b>		<b>1.55 ÷ 2.25</b>		<b>1.13 ÷ 1.25</b>	
<b>F/B [dB]</b>	<b>1.1 ÷ 2.5</b>		<b>19 ÷ 23</b>		<b>21 ÷ 23</b>	

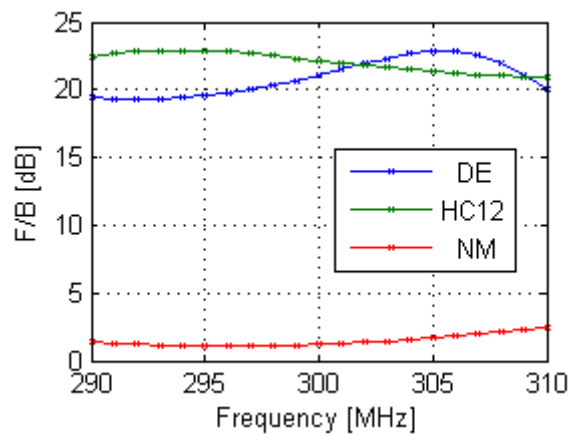
Graf 1: PRŮBĚH ZISKU NAVRŽENÝCH ANTÉN



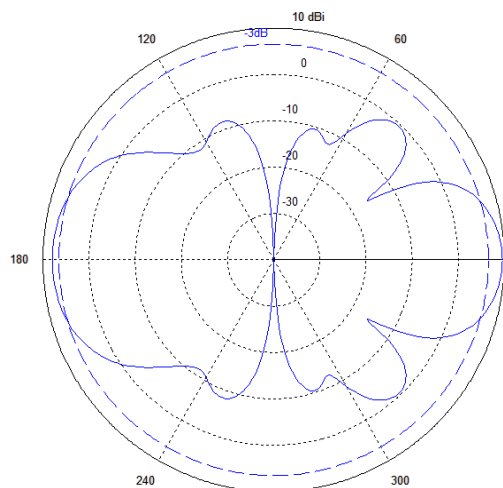
Graf 2: PRŮBĚH POMĚRU STOJATÝCH VLN NAVRŽENÝCH ANTÉN



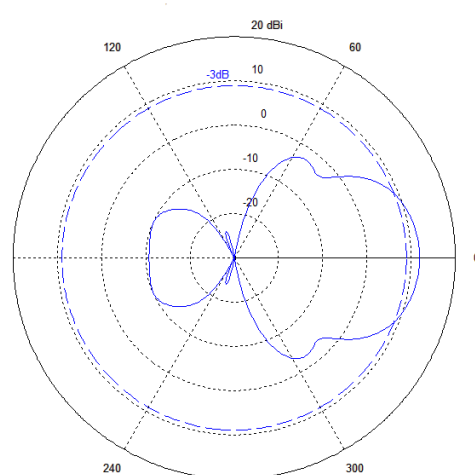
Graf 3: PRŮBĚH PŘEDOZADNÍHO POMĚRU NAVRŽENÝCH ANTÉN



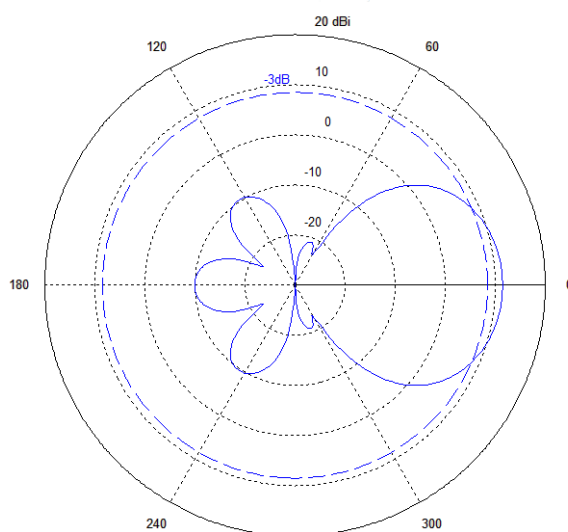
Graf 4: VYZAŘOVACÍ DIAGRAM PRO ANTÉNU NAVRŽENOU NM ALGORITMEM



Graf 5: VYZAŘOVACÍ DIAGRAM PRO ANTÉNU NAVRŽENOU DE ALGORITMEM



Graf 6: VYZAŘOVACÍ DIAGRAM PRO ANTÉNU NAVRŽENOU HC12 ALGORITMEM



## 4 Závěr

Návrh parametrů antény je komplexní problém skládající se z mnoha faktorů, které více či méně ovlivňují výsledný návrh antény. Mezi tyto faktory patří zejména směrová charakteristika antény, předozadní poměr, impedance a hlavně zisk. Všechny tyto funkce jsou vysoce nelineární. V tomto článku byl představen návrh Yagi-Uda antény. Na tomto konkrétním typu antény bylo demonstrováno použití algoritmů umělé inteligence. Byly využity algoritmy NM, DE a HC12. Fitness funkce (1) zahrnuje parametry zisku, předozadního poměru a poměru stojatých vln  $v_{swr}$ . Veškeré simulace probíhaly v programu superNEC. Výsledky těchto simulací jsou uvedeny v Tabulce 1. Z výsledků vyplývá, že NM algoritmus, patří k jednomu z nejstarších algoritmů se k návrhu takto komplexního problému jako je návrh antén nehodí, jelikož nejlepší výsledná anténa má velmi špatné parametry a rozptyl nalezených řešení je moc velký. DE a HC12 algoritmy poskytují podobné výsledky. Anténu s nejlepší hodnotou fitness funkce a zároveň s nejlepšími parametry byly nalezeny pomocí algoritmu HC12. Použití genetických algoritmů pro návrh parametrů antén je vhodné zejména tam, kde je potřeba návrh časově urychlit.

## Reference

- [1] R.Storn and K.Price, "Differential evolution-A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces", Berkeley,CA,Technical Report TR-95-012,1995
- [2] R. Matousek, "GAHC: A Hybrid Genetic Algorithm", in Proc. of the 10th Fuzzy Colloquium in Zittau, Zittau, pp. 239-244., 2002.
- [3] R. Matousek, "GAHC, Improved Genetic Algorithm", in the Springer book series (Eds.: Krasnogor, et al.) Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO 2007), Volume 129, 2008, XIV, pp. 114-125., ISSN 1860-949X, Springer Berlin, 2008.
- [4] R. Matousek, P. Minar, S. Lang, P. Pivonka, Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The World Congress on Engineering and Computer Science 2011, WCECS 2011, 19-21 October, 2011, San Francisco, USA, 2011.