

ПАРАМЕТРИ ПРОПАГАЦИЈЕ ТАЛАСА КОЈИ СЕ ПРОСТИРУ ДУЖ УНИФОРМНИХ НИЗОВА МЕТАЛНИХ ЦИЛИНДАРА

Боро Рељић, Марија Словић
Институт ИМТЕЛ, Булевар М. Пупина 1656, Београд

Садржај – Дизајн компоненти базираних на коришћењу особина лествичастих низова металних цилиндара захтева познавање утицаја геометријских параметара лествичастиг низа на његове пропационе карактеристике. У овом раду је извршена анализа поменутог утицаја и приказан је сет дијаграма који се може користити у поступку дизајна, нпр. дугачких жаги-уда антена. Приказана је зависност фазне константе и фазне брзине од дужине дипола, корака низа (растојања суседних дипола) и радијуса дипола.

1. УВОД

Лествичасти низ металних цилиндара припада групи отворених таласоводних структура код које се електромагнетска енергија преноси површинским таласом. Термин површински талас указује да је највећи део поља односно енергије електромагнетског таласа концентрисан уз саму површ структуре, у овом случају непосредно уз раван у којој се налазе метални цилиндри. Талас који се преноси овом структуром спада у споре таласе, тј. његова фазна брзина је мања од брзине светлости у околној средини. Оваква структура подржава ТЕ талас, тј. електрично поље има само E_z компоненту. Најчешћа примена ове структуре је код конструкције жаги-уда антена.

Приликом дизајна компоненти које користе лествичасте низове неопходно је познавање утицаја геометријских параметара лествичастиг низа металних цилиндара на његове пропационе карактеристике.

У овом раду је управо извршена анализа утицаја поменутих геометријских параметара и приказан је сет дијаграма који се може користити у поступку дизајна, (нпр. дугачких жаги-уда антена). Приказана је зависност фазне константе и фазне брзине од дужине дипола, корака низа (растојања суседних дипола) и радијуса дипола.

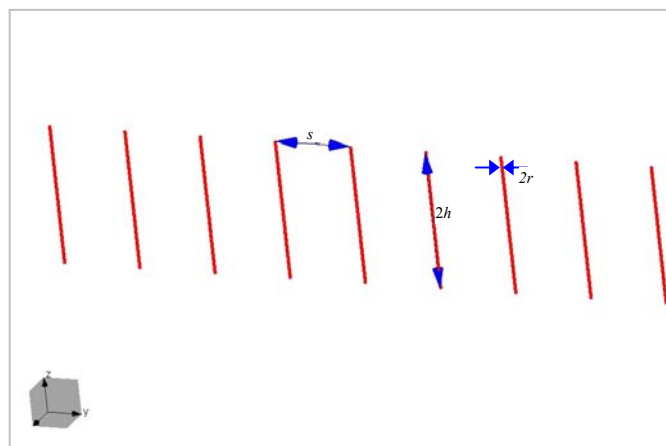
У литератури постоји више резултата, теоријских и експерименталних, који се баве овом проблематиком [1]-[5]. Обзиром да се ради о структури чија је анализа прилично сложена теоријски резултати су добијани коришћењем разних апроксимација. С друге стране резултати добијени мерењем су умногоме дефинисани утицајем мерне методе, које доводи до пертурбације мерених величина. Такође утицај осетљивости и динамике мерне сонде односно инструмената ограничава тачност описаних експерименталних резултата.

Део описаних пробелема може се избећи коришћењем савремених софтверских пакета за електромагнетску анализу, у овом раду је примењен пакет [6] који користи метод момената. Параметри пропације су при томе одређени мерењем компонената блиског поља и њиховом даљом анализом.

При томе је коришћење нумеричке методе омогућило детаљнију анализу у ширем фреквентном опсегу него што би то било могуће експерименталним путем, због ограничене динамике мерне инструментације.

2. ОПИС СТРУКТУРЕ

На Сл. 1. је приказана геометрија лествичастиг низа металних цилиндара (један сегмент од неколико дипола). Структура се састоји од низа једнаких цилиндричних дипола чије су осе паралелне z оси приказаног координатног система, центри дипола су на y оси, а растојање суседних дипола је s . Дужина дипола је $l=2h$, а њихова дебљина $2r$. За основну структуру параметри су $s=s_0$, $l=2h=l_0=2h_0$, $2r=2r_0$, док је $s_0/l_0=1/4$, $r_0/l_0=5\cdot 10^{-3}$. Остале структуре које су анализирани су изведене од ове основне структуре изменом параметара који су назначени на сликама.



Слика 1. Део геометрије униформног лествичастиг низа металних цилиндара-дипола.

3. АНАЛИЗА ЛЕСТВИЧАСТОГ НИЗА

Мерењем компоненти електричног и магнетског поља у зони блиског поља и њиховом анализом одређена је тражена зависност параметара простирања од геометријских параметара лествичастиг низа.

Резултати анализе су приказани на сликама 2–7. Утицај геометријских параметара на фазну константу (брилуенови дијаграми) приказују слике 2-4, а на брзину простирање фазе слике 5–7. На сликама 2-5 је дата и дисперзиона релација (брилуенов дијаграм) за вакуум ради поређења

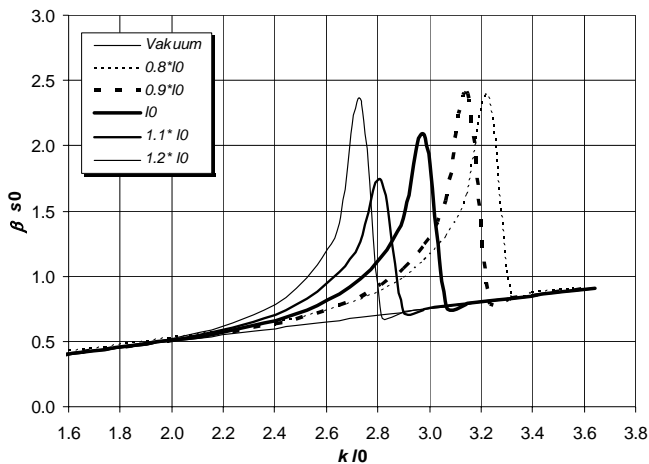
$$k s_0 = k l_0,$$

и то је права на дну дијаграма на сликама 2-5.

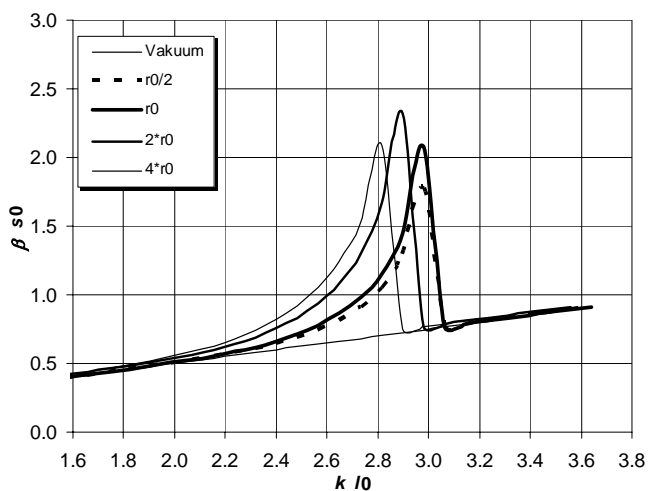
У овим релацијама и на графицима коришћени су следећи симболи:

$$\kappa = \omega/c_0 \text{ таласни број за околни медијум, вакуум,}$$

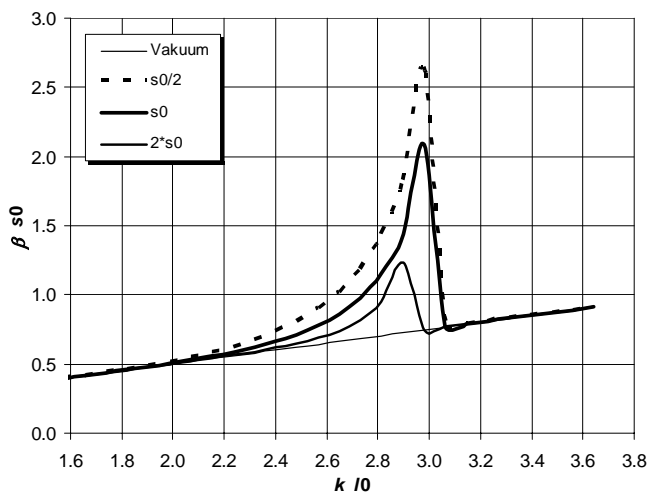
$\omega = 2\pi f$ кружна фреквенција,
 f фреквенција,
 β фазна константа (таласни број за таласе који се воде лествичастим низом),



Слика 2. Зависност фазне константе од дужине дипола.



Слика 3. Зависност фазне константе од радијуса дипола.



Слика 4. Зависност фазне константе од растојања дипола.

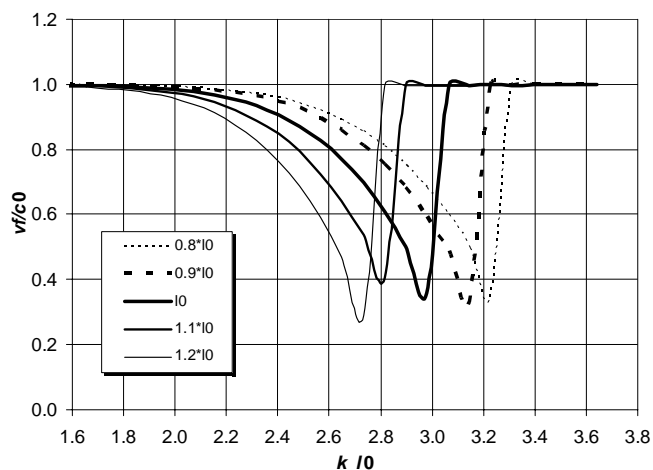
v_f фазна брзина таласа дуж лествичастог низа,
 c_0 брзина светлости у околном медијуму, вакууму.

Низови су довољно дугачки тако да нема преклапања и међусобног утицаја зона напајања и терминационе зоне низа. Такође је приликом одређивања параметара пропагације искључен утицај наведених зона тако да се може сматрати да добијени резултати одговарају бесконачно дугачким низовима.

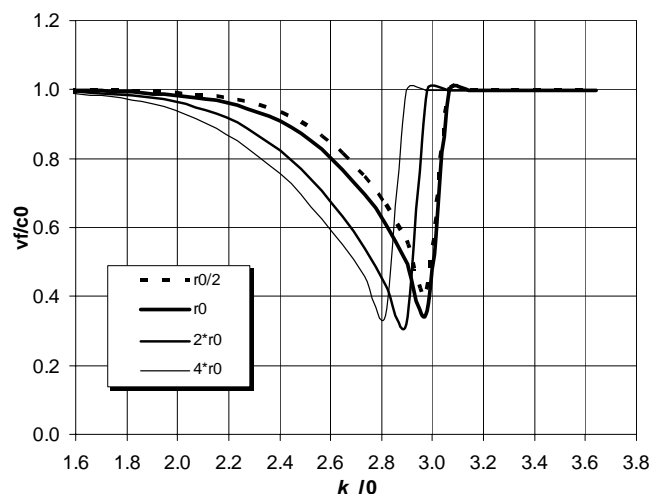
4. РЕЗУЛТАТИ

Слике 2 и 5 показују утицај дужине дипола на фазну константу, односно на фазну брзину. Поређењем са осталим сликама може се закључити да дужина дипола представља параметар који има највећи утицај на карактеристике низа, првенствено на опсег фреквенција у коме ће се низ користити.

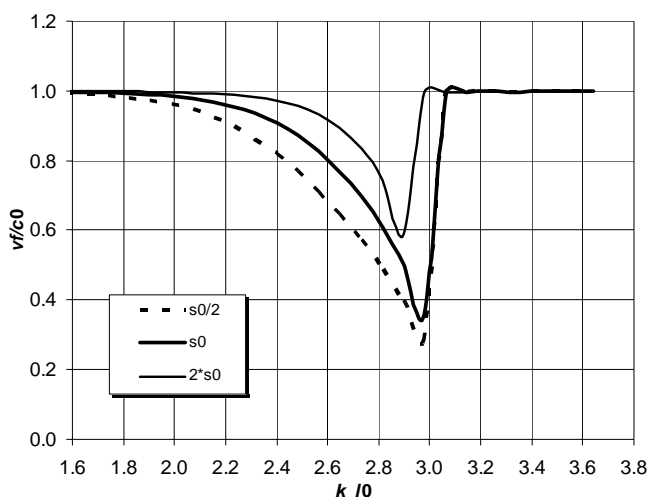
При томе треба напоменути да су различити нивои минимума (Сл.5) и максимума (Сл.4) последица смањене густине тачака у зонама у којима се вредност функције мења веома брзо тако да одговарајући екстремуми нису у потпуности "ухваћени". То се види из чињенице да изузимајући области непосредно око екстремума сви графици су приближно исте форме, само су транслирани по фреквенцији.



Слика 5. Зависност фазне брзине од дужине дипола.



Слика 6. Зависност фазне брзине од радијуса дипола.



Слика 7. Зависност фазне константе од растојања дипола.

Слике 3 и 6 приказују утицај дебљине металних цилиндара. Види се да повећање дебљине металних цилиндара има сличан ефекат на параметре пропагације као и повећање дужине дипола, с тим да је опсег промена радијуса знатно већи од опсега промена дужина дипола, што је очигледно последица логаритамске зависности ових параметара од дебљине дипола.

На сликама 4 и 6 је приказан утицај растојања металних цилиндара. Ове слике показују да растојање дипола има мали утицај на положај радног фреквентног опсега, али има значајног утицаја на форму ових зависности унутар радног фреквентног опсега.

Са ове слике се види да се са повећањем растојања дипола у структури смањује и њен утицај на карактеристике пропагације ЕМТ, што је и логично јер ће за довољно ретку структуру карактеристике пропагације одговарати онима у околном медијуму.

Под “радним фреквентним опсегом” се подразумева опсег фреквенција у којима структура мења карактеристике пропагације електромагнетског таласа тј. електромагнетски талас “види” структуру. Дијаграми показују да је на довољно ниским фреквенцијама утицај структуре занемарљив и да су пропагационе карактеристике приближно једнаке оним у околној средини. Горња граница радног фреквентног опсега је једнака горњој граничној фреквенцији првог мода.

4. ЗАКЉУЧАК

Анализиран је утицај геометријских параметара лествичастиг низа цилиндара на његове пропагационе карактеристике. Показано је да доминантан утицај на пропагационе карактеристике има дужина дипола. Дебљина дипола има сличан утицај као и дужина дипола али је за исти ефекат неопходна знатно већа промена радијуса дипола у поређењу са неопходном променом дужине допола. Густина дипола, односно растојање дипола има мали утицај на положај радног фреквентног опсега, али је утицај овог параметра значајан на облик

зависности унутар радног фреквентног опсега утврђеног са параметрима r и l .

ЗАХВАЛНИЦА

Реализација овог рада је финансијски потпомогнута од стране Министарства Науке и Заштите Животне Средине у оквиру пројекта “Нова генерација милиметарских линкова на бази композитних наноструктурираних материјала ПТР-2002Б”.

6. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] D. L. Sengupta, “On the phase velocity of wave propagation along an infinite Yagi structure”, IRE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-7, July 1959, pp. 234–239.
- [2] F. Serracchioli and C. A. Levis, “The calculated phase velocity of long end-fire uniform dipole arrays”, IRE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-7, Dec. 1959, pp. S424-S434.
- [3] R. J. Mailloux. “Antenna and wave theories of infinite Yagi-Uda arrays”, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-13, July 1965, pp. 499-506.
- [4] W. Stutzman & G. Thiele, *Antenna Theory and Design*, New York, Wiley, 1981.
- [5] H. W. Ehrenspeck and H. Poehler, “A new method for obtaining maximum gain from Yagi antennas”, IRE Trans. Antennas and Propagation, vol. AP-7, pp. 379-386, October 1959.
- [6] B. Kolundzija, S. Ognjanovic, T, Sarkar, *WIPL-D*. Artech House, 2000.
- [7] C.L. Hemenway, R.W. Henry, M. Caulton, *Physical electronics*, John Wiley and Sons, 1967, New York.
- [8] Boro M. Reljić, *Analysis of waves propagating along uniform ladder array consisting of metallic cylindrical rods*, TELFOR 2004.

Abstract. Design of components that utilize properties of ladder arrays of metallic cylindrical rods requires propagation parameters dependence knowledge of ladder arrays on its geometrical parameters. In this paper analysis of this dependence has performed and results are shown as a set of diagrams, which can be used in design procedure, e.g. for long yagi antennas. The diagrams show dependence of two most important propagation parameters of ladder array (phase constant and phase velocity) on length, diameter and spacing between the two proximate dipoles.

PROPAGATION PARAMETERS OF WAVES ALONG UNIFORM LADDER ARRAYS CONSISTING OF METALLIC CYLINDRICAL RODS

Boro Reljić, Marija Slovic