

МОНОГРАФИИ ИГТУ

А. П. ГОРБАЧЁВ, Н. В. ТАРАСЕНКО

ДВУХДИАПАЗОННЫЕ
ДИРЕКТОРНЫЕ
АНТЕННЫ



А. П. ГОРБАЧЁВ, Н. В. ТАРАСЕНКО

ДВУХДИАПАЗОННЫЕ ДИРЕКТОРНЫЕ АНТЕННЫ

Издательство
Новосибирского
национального
технического университета



НОВОСИБИРСК

2 0 1 6

УДК 621.396.677.81

Г 672

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор СибГУТИ *Л.Г. Роголина*

д-р техн. наук, профессор *В.А. Хрусталеv*

д-р техн. наук, профессор *В.П. Разинкин*

канд. техн. наук, доц. *К.А. Лайко*

канд. техн. наук, доц. *М.А. Степанов*

Горбачёв А.П.

Г 672 Двухдиапазонные директорные антенны : монография / А.П. Горбачёв, Н.В. Тарасенко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. – 231 с. (серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3099-6

Работа посвящена вопросам расчета и конструирования двухдиапазонных директорных антенн. В ходе исследований получены расчетные формулы для определения входного импеданса антенны, связанного с размерами ее элементов, а также расстояний между ними. На основе выработанной методики проектирования и реализации двухдиапазонных директорных антенн спроектированы двухдиапазонные директорные антенны с линейными цилиндрическими проводниками, работающие в двух существенно (до 40 %) разнесенных диапазонах частот; выявлены основные особенности проектирования двухдиапазонных директорных антенн, возникающие при работе антенны в двухчастотном режиме. Спроектированы печатные двухдиапазонные директорные антенны с дипольным и монопольным возбуждателем. Анализ результатов показал, что ДА характеризуются достаточным качеством согласования в каждом из двух несмежных диапазонов частот, а также обладают приемлемыми направленными свойствами, что подтверждается натурными испытаниями опытных образцов.

УДК 621.396.677.81

ISBN 978-5-7782-3099-6

© Горбачёв А.П., Тарасенко Н.В., 2016

© Новосибирский государственный
технический университет, 2016

A.P. GORBACHEV, N.V. TARASENKO

DOUBLE-BAND YAGI ANTENNAS



NOVOSIBIRSK
2 0 1 6

УДК 621.396.677.81

Г 672

Reviewers:

Prof. *L.G. Rogulina*, D. Sc. (Eng.)

Prof. *V.A. Khrustalev*, D. Sc. (Eng.)

Prof. *V.P. Razinkin*, D. Sc. (Eng.)

Assoc. Prof. *K.A. Laiko*, D. Sc. (Eng.)

Assoc. Prof. *M.A. Stepanov*, D. Sc. (Eng.)

Gorbachev A.P.

Г 672 Double-band Yagi antennas : monograph / A.P. Gorbachev, N.V. Tarasenko. – Novosibirsk : NSTU Publisher, 2016. – 231 pp. (“NSTU monographs” series).

ISBN 978-5-7782-3099-6

The book deals with the calculation and design of double-band Yagi antennas. Design formulae to determine antenna input impedance depending on the size of its elements and the distance between them were obtained during the course of research. Double-band Yagi antennas with linear cylindrical conductors which operate in two greatly spaced-apart (up to 40 %) frequency ranges were designed based on the developed design methodology and the implementation of double-band Yagi antennas. In doing so the main design peculiarities of double-band Yagi antennas operating in a two frequency mode were revealed. Printed double-band Yagi antennas with dipole and monopole exciters were designed. The analysis of the results obtained has shown that the developed antennas are characterized by a sufficient quality of matching in every of two non-adjacent frequency ranges and also possess acceptable directional characteristics, which is proved by full-scale tests of the prototypes.

УДК 621.396.677.81

ISBN 978-5-7782-3099-6

© Gorbachev A.P., Tarasenko N.V., 2016

© Novosibirsk State Technical University, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Список сокращений	8
Глава 1. Обзор классических конструкций печатных директорных антенн и существующих двухдиапазонных	9
1.1. Общие сведения	9
1.2. Классические директорные антенны	10
1.3. Двухдиапазонные директорные антенны	12
1.4. Печатные версии директорных антенн	17
1.4.1. Печатные директорные антенны с дипольным возбуждением	18
1.4.2. Печатные директорные антенны с монопольным возбуждением	18
1.4.3. Двухдиапазонные печатные директорные антенны	18
Глава 2. Применение метода наводимых электродвижущих сил к расчету характеристик директорных антенн	23
2.1. Описание свойств многополюсных электрических цепей в диапазоне сверхвысоких частот	23
2.2. Расчет мощности излучения и входного импеданса диполя методом наводимых ЭДС	31
2.3. Собственные и взаимные импедансы двух близко расположенных диполей	43
2.3.1. Исходные положения	43
2.3.2. Теорема взаимности для антенн	43
2.3.3. Собственный импеданс тонкой линейной антенны	44
2.3.4. Взаимный импеданс двух близко расположенных диполей	48
Вывод	52



Глава 3. Основы проектирования облика директорных антенн	53
3.1. Входные импедансы связанных диполей	53
3.2. Оптимизация характеристик излучения двух совместно работающих диполей	58
Глава 4. Проектирование двухдиапазонных директорных антенн с дипольным возбудителем	73
4.1. Формирование облика, анализ и оптимизация двухдиапазонных директорных антенн с дипольным возбудителем	73
4.2. Особенности проектирования двухдиапазонных директорных антенн	106
Выводы	107
Глава 5. Формирование облика, анализ и оптимизация печатных двухдиапазонных директорных антенн с дипольным возбудителем	109
5.1. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с дипольным возбудителем и симметричным питанием	109
5.2. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с дипольным возбудителем и несимметричным питанием коаксиальным кабелем	124
5.3. Модифицированные печатные двухдиапазонные директорные антенны с дипольным возбудителем	130
Выводы	138
Глава 6. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с монополярным возбудителем	139
6.1. Постановка задачи	139
6.2. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с монополярным возбудителем и двухсторонней реализацией пассивных элементов	140
6.3. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с монополярным возбудителем и «совмещенными» пассивными элементами	145
Выводы	151
Глава 7. Особенности конструктивной реализации печатных директорных антенн. Результаты их исследования и внедрения	153
7.1. Печатные дипольные антенны	153



7.2. Печатные однодиапазонные директорные антенны с дипольным возбудителем.....	168
7.3. Печатные однодиапазонные директорные антенны с монополярным возбудителем.....	172
7.4. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с дипольным возбудителем.....	179
7.5. Печатные двухдиапазонные директорные антенны с монополярным возбудителем.....	182
Выводы.....	185
Глава 8. Рекомендации по конструированию печатных версий директорных антенн	187
8.1. Методика рассмотрения влияния погрешностей.....	190
8.2. Особенности технологической реализации печатной платы антенны.....	192
8.2.1. Субтрактивная технология.....	192
8.2.2. Аддитивная технология.....	194
8.2.3. Полуаддитивная технология	194
8.2.4. Фотоаддитивная технология	195
8.3. Тонкопленочная технология.....	196
Заключение.....	201
Библиографический список	202
<i>Приложение. Фортран-программы для расчета стартового облика директорных антенн</i>	<i>209</i>

CONTENTS

Introduction.....	7
Abbreviations.....	8
Chapter 1. A Review of Classical Designs of Printed Double-band Director Antennas	9
1.1. General information.....	9
1.2. Classical director antennas	10
1.3. Double-band director antennas	12
1.4. Printed director antennas	17
1.4.1. Printed director antennas with dipole exciters.....	18
1.4.2. Printed director antennas with monopole exciters.....	18
1.4.3. Double-band printed director antennas	18
Chapter 2. Application of the Method of Induced Electromotive Forces in Calculating Director Antenna Characteristics	23
2.1. Description of multipoint electric circuits in the range of micro-wave frequencies.....	23
2.2. Calculation of the dipole radiated power and input impedance by the method of induced electromotive forces	31
2.3. Eigen and mutual impedances of two closely spaced dipoles	43
2.3.1. Initial statements	43
2.3.2. The reciprocity theorem for antennas.....	43
2.3.3. Eigen impedance of a thin linear antenna.....	44
2.3.4. Mutual impedance of two closely spaced dipoles	48
Conclusions	52
Chapter 3. Design Basis of the Director Antenna Configuration	53
3.1. Input impedances of coupled dipoles	53



3.2. Optimization of radiation characteristics of two jointly operating dipoles	58
Chapter 4. Designing Double-band Director Antennas by Dipole Exciters	73
4.1. Shaping, analysis and optimization of double-band director antennas with dipole exciters	73
4.2. Peculiarities of designing double-band director antennas	106
Conclusions	107
Chapter 5. Shaping, Analysis and Optimization of Printed Double-band Director Antennas with Dipole Exciters	109
5.1. Printed double-band director antennas with dipole exciters and symmetric excitation	109
5.2. Printed double-band director antennas with dipole exciters and non-symmetrical coaxial cables	124
5.3. Modified printed double-band director antennas with dipole exciters	130
Conclusions	138
Chapter 6. Printed Double-band Director Antennas with Monopole Exciters	139
6.1. Problem statement	139
6.2. Printed double-band director antennas with monopole exciters and bilateral implementation of passive elements	140
6.3. Printed double-band director antennas with monopole exciters and associated passive elements	145
Conclusions	151
Chapter 7. Peculiarities of Design Realization of Printed Director Antennas. Results of Research and Implementation	153
7.1. Printed single-band director antennas with dipole exciters	168
7.2. Printed single-band director antennas with monopole exciters	172
7.3. Printed double-band director antennas with dipole exciters	179
7.4. Printed double-band director antennas with monopole exciters	182
Conclusions	185
Chapter 8. Recommendations on Designing Printed Versions of Director Antennas	187
8.1. Methods of error effect analysis	190



8.2. Peculiarities of technological realization of antenna printed circuit boards.....	192
8.2.1. Subtractive technology.....	192
8.2.2 Additive technology.....	194
8.2.3. Semiadditive technology.....	195
8.2.4. Photoadditive technology.....	195
8.3. Thin-film technology.....	196
Conclusions.....	201
References.....	202
Appendix. Fortran programs for the calculation of an initial configuration of director antennas.....	209