



*Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-54009 от 30 апреля 2013 г.
Рецензируемое научное издание*

Главный редактор С.И. Донченко, д.т.н., профессор

Редакционная коллегия:

Зам. гл. редактора А.Н. Щипунов, д.т.н.

Зам. гл. редактора М.В. Балаханов, к.ф.-м.н.

И.Ю. Блинов, д.т.н.

В.М. Боровков, д.т.н.

О.В. Денисенко, д.т.н.

В.И. Добровольский, к.т.н.

И.М. Малай, д.т.н.

В.Н. Некрасов, д.т.н.

В.Г. Пальчиков, д.ф.-м.н.

В.И. Пустовойт, д.ф.-м.н., академик РАН

В.А. Тищенко, к.ф.-м.н.

В.П. Ярына, д.т.н.

Редакционная группа:

Г.А. Мирошникова

О.И. Обухова

Д.В. Студенова

М.Е. Якобсон



*The publication is registered by the Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications (Roskomnadzor).
Certificate of registration of PI No. FS77-54009 dated April 30, 2013
Peer-reviewed scientific publication*

Chief Editor S.I. Donchenko, Doctor of Technical Science, Professor

Editorial board:

Deputy Chief Editor A.N. Shchipunov, Doctor of Technical Sciences

Deputy Chief Editor M.V. Balakhanov, Candidate of Physical
and Mathematical Sciences

I.Yu. Blinov, Doctor of Technical Sciences

V.M. Borovkov, Doctor of Technical Sciences

O.V. Denisenko, Doctor of Technical Sciences

V. I. Dobrovolsky, Candidate of Science

I. M. Malay, Doctor of Technical Sciences

V.N. Nekrasov, Doctor of Technical Sciences

V.G. Palchikov, Doctor of Physical and
Mathematical Sciences

V. I. Pustovoit, Doctor of Physics and
Mathematical Sciences, Academician
of the Russian Academy of Sciences

V.A. Tishchenko, Candidate of Physical and
Mathematical Sciences

V.P. Yaryna, Doctor of Technical Sciences

Editorial staff:

G.A. Miroshnikova

O.I. Obukhova

D.V. Studenova

M.E. Jacobson



Точная наука немыслима без меры

Д.И. Менделеев

Альманах современной метрологии, 2019, № 2 (18)

Al'manac of modern metrology, 2019, № 2 (18)

Выходит с октября 2014 г.

Issued since October 2014.

ISSN 2313-8068

Очередной, восемнадцатый — № 2 (18) 2019 года, «Альманах современной метрологии» посвящён в основном радиотехническим измерениям, ставит задачи метрологического обеспечения этой области, обсуждает перспективы развития основных проблем метрологии в радиоэлектронике — обеспечения единства измерений в стране.

Публикуемые работы определяют основные направления развития радиотехнических и радиоэлектронных измерений на современном этапе.

Статьи содержат результаты исследований в области измерений параметров радиосигналов, антенных систем, измерений в радиочастотных трактах.

Традиционно обсуждаются проблемы совершенствования эталонной базы в области радиотехнических измерений.

Особое внимание уделяется измерению характеристик навигационного сигнала ГНСС.

Проводится оценка применения цифровой техники, в частности цифрового осциллографа, выполнения высокоточных измерений, обсуждаются особенности метрологического обеспечения средств измерений на цифровой основе.

The next, eighteenth — No. 2 (18) 2019, “The Almanac of Modern Metrology” is mainly devoted to radio engineering measurements, sets the tasks of metrological support of this area, discusses prospects for the development of the main metrology problems in radio electronics, one of the most important parts of the system for ensuring the uniformity of measurements in the country.

Published works determine the main directions of development of radio engineering and radio electronic measurements at the present stage.

The articles contain the results of research in the field of measurements of parameters of radio signals, antenna systems, measurements in the radio-frequency paths.

The problems of improving the reference base in the field of radio measurements are traditionally discussed.

Special attention is paid to measuring the characteristics of the GNSS navigation signal.

An assessment of the use of digital technology, in particular a digital oscilloscope, high-precision measurements, the features of the metrological assurance of measuring instruments on a digital basis.



© ФГУП «ВНИИФТРИ», 2019

© FSUE VNIIFTRI, 2019



СОДЕРЖАНИЕ**Предисловие главного редактора**

С.И. Донченко. Метрология в радиоэлектронике —
одно из важнейших звеньев системы обеспечения единства измерений 8

I. Метрологическое обеспечение: задачи, перспективы развития

И.М. Малай. Актуальные задачи
метрологического обеспечения радиотехнических измерений 11

Н.Р. Баженов, А.В. Мыльников, И.М. Малай.
Новые задачи метрологического обеспечения
измерений параметров радиотехнических сигналов 23

В.Н. Егоров, В.Л. Масалов, Е.Ю. Токарева, О.О. Алтаев.
Состояние и перспективы диэлектрических измерений 37

**II. Эталоны. Совершенствование и перспективы развития в областях
измерений параметров антенных систем, мощности СВЧ
в радиочастотных и волноводных трактах**

В.А. Семёнов, А.В. Коудельный, В.А. Перепёлкин, И.П. Чирков.
Перспективы развития эталонов в области измерений
мощности СВЧ в радиочастотных трактах 46

А.И. Матвеев, В.А. Перепёлкин. Эталоны-переносчики
мощности СВЧ в волноводных трактах
на основе многозондовых преобразователей 65

К.И. Курбатов, М.С. Шкуркин. Определение требований
и разработка мер для воспроизведения и передачи
единиц коэффициента усиления и распределений
отношений напряжённостей поля в дальней зоне 73

III. Теоретические и практические основы измерений

**О.С. Алексеев, С.Е. Гаврилова, А.Н. Грибанов, А.Е. Дорофеев,
И.Е. Макушкин, Г.Ф. Мосейчук, А.И. Синани.**
Динамические диаграммы направленности
как средство определения характеристик ФАР 80

IV. Метрологические проблемы спутниковой радионавигации

- А.В. Малышев, М.А. Озеров.** Метод измерения характеристик многокомпонентного навигационного сигнала ГНСС 120

V. Методы измерений, разработка радиоизмерительной аппаратуры

- П.В. Миляев, Ю.Н. Калинин, Д.И. Савченко.** Современные методы и средства измерения радиотехнических характеристик антенн 133

- В.Г. Губа, О.Н. Быкова, А.А. Савин, С.А. Заостровных.** Методы измерения параметров линий передачи. Тестирование кабельных соединителей с пространственно-разнесёнными соединителями 158

- Ю.Д. Болмусов, В.А. Мартынов.** Особенности построения высокочастотных калибраторов напряжения переменного тока 171

VI. Метрологическое обеспечение средств измерений на цифровой основе

- А.В. Апрельев, В.С. Беляев, В.Н. Шорин.** Метрология цифровых потоков информации в пакетных сетях передачи данных 180

- С.В. Безденежных.** Особенности метрологического обеспечения средств измерений коэффициента гармоник на цифровой основе 192

- О.В. Каминский.** Перспективы метрологического обеспечения цифровых сетей связи 214

- А.В. Клеопин.** Измерение коэффициента гармоник и относительного уровня гармоник с помощью цифрового осциллографа 218

- Б.А. Конобеев, А.В. Клеопин, И.В. Обухов, В.В. Окунев-Раракин.** Оценка степени идентичности входных каналов цифровых осциллографов 225

VII. Основоположники метрологических направлений

- Лев Моисеевич Закс 229

CONTENTS**Preface of the Chief Editor**

S.I. Donchenko. Metrology in radio electronics — one of the most important links of the system for ensuring the unity of measurements 8

I. Metrological support: tasks, development prospects

I.M. Malay. Current tasks of metrological assurance of radio technical measurements 11

N.R. Bazhenov, A.V. Mylnikov, I.M. Malay. New tasks of metrological assurance of measurements of parameters of radiotechnical signals 23

V.N. Egorov, V.L. Masalov, E.Yu. Tokareva, O.O. Altaev. State and prospects of dielectric measurements 37

II. Standards. Improvement and development prospects in the field of measurements of parameters of antenna systems, microwave power in radio frequency and waveguide paths

V.A. Semenov, A.V. Koudelny, V.A. Perepyolkin, I.P. Chirkov. Prospects of standards development in the field of microwave power measurements in radio frequency ducts 46

A.I. Matveev, V.A. Perepyolkin. Standards-carriers of microwave power in waveguide ducts on the basis of multi-probe transducers 65

K.I. Kurbatov, M.S. Shkurkin. Determination of requirements and development of measures for reproducing and transferring of units of the coefficient of strengthening and distributions of relations of stresses of the field in the far area 73

III. Theoretical and practical basics of measurement

O.S. Alekseev, S.E. Gavrilova, A.N. Griбанov, A.E. Dorofeev, I.E. Makushkin, G.F. Moseychuk, A.I. Sinani. Dynamic directional diagrams as a means of determining the PAA characteristics 80

IV. Metrological problems of satellite radio navigation

- A.V. Malyshev, M.A. Ozerov.** Method of measuring the characteristics of a multicomponent GNSS navigation signal 120

V. Measurement methods, development of radio metering equipment

- P.V. Miliaev, Yu.N. Kalinin, D.I. Savchenko.** Modern methods and measuring instruments of radio engineering antenna characteristics 133

- V.G. Guba, O.N. Bykova, A.A. Savin, S.A. Zaostorvnykh.** Methods of measurement the transmission-line parameters. Testing the cable connectors with spatially different connectors 158

- Yu.D. Bolmusov, V.A. Martynov.** Features of construction of high-frequency calibrators of ac voltage 171

VI. Metrological provision of measuring instruments on a digital basis

- A.V. Aprelev, V.S. Belyaev, V.N. Shorin.** Metrology of digital flows of information in packet networks of data transmission 180

- S.V. Bezdenezhnykh.** Features of metrological assurance of measuring instruments of harmonic factor on digital basis 192

- O.V. Kaminsky.** Prospects of metrological assurance of digital communication networks 214

- A.V. Kleopin.** Measurement of the harmonic factor and the relative level of harmonics using a digital oscilloscope 218

- B.A. Konobeev, A.V. Kleopin, I.V. Obukhov, V.V. Okunev-Rarakin.** Assessment of the degree of identity of input channels of digital oscilloscopes 225

VII. Founders of metrology directions

- Lev Moiseevich Zaks 229