

ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННЫ КУ-ДИАПАЗОНА В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНОГО ПОЛЯ

Мухин А.В., Доманов С.К., Газизов Т.Р.

Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, РФ

E-mail: Pilot_06@inbox.ru

Рассмотрен метод измерения радиотехнических характеристик антенн в дальней зоне, применяемый в АО «ИСС». Проведено измерение двухзеркальной осесимметричной антенны в дальней и ближней зонах. Выполнен сравнительный анализ радиотехнических характеристик (РТХ) антенны, полученных в измерительном комплексе дальней зоны и на сверхширокополосном автоматизированном измерительно-вычислительном комплексе ближнего поля. Показана хорошая согласованность полученных РТХ.

Ключевые слова: измерение РТХ антенн, ближняя зона, дальняя зона.

Инфокоммуникации являются одной из важных отраслей современной экономики ввиду непрерывного развития и совершенствования информационных и телекоммуникационных технологий, включающих в себя сбор, хранение и передачу информации. Для передачи информации потребителю широко используют спутники связи и ретрансляции. В состав полезной нагрузки космических аппаратов (КА) входят перспективные антенные системы, точность проектирования и изготовления которых должна постоянно расти. В этой связи важны точность и эффективность наземной экспериментальной отработки, включающей измерения РТХ антенн.

К настоящему времени довольно полно изучены методы измерения РТХ антенн в ближней и дальней зонах [1-2]. Кроме того, некоторые из них реализованы в промышленных измерительных комплексах [3-4]. В АО «ИСС» создана и успешно эксплуатируется мощная экспериментальная база, являющаяся неотъемлемой частью производства космических аппаратов (КА). В нее входят сверхширокополосные автоматизированные измерительно-вычислительные комплексы (СШП АИВК) ближнего поля (БП). Кроме того, в АО «ИСС» создан полигон для проведения измерений РТХ антенн в дальней зоне (ДЗ). Однако каждый измерительный комплекс по своему уникален и имеет как достоинства, так и недостатки. Кроме того, результаты измерений на измерительных комплексах в БП и ДЗ могут отличаться для различных типов антенн и условий их измерения. Между тем в рамках предприятия АО «ИСС» сравнение

РТХ антенн в БП и в ДЗ, применяемых для обеспечения космической связи, ранее не выполнялись. В этой связи актуально провести измерения и сравнительный анализ РТХ антенн в дальней и ближней зонах.

Метод вышки является одним из традиционных методов измерения антенн в ДЗ. Антенны располагают высоко от земли, чтобы исключить ее влияние, в зоне прямой видимости друг напротив друга на большом расстоянии. При измерениях в ДЗ в состав оборудования входят: измеряемая антенна, вспомогательная антенна, генератор сигнала, векторный анализатор цепей. Исследуемая антенна имеет круговую поляризацию, располагается на опорно-поворотном устройстве, с помощью которого осуществляется сканирование путем поворота антенны в плоскости азимута, после чего исследуемая антенна поворачивается на 90° по поляризации и вновь сканируется в плоскости азимута. В результате формируются две ДН, характерные для азимутальной и угломестной плоскостей исследуемой антенны. Вспомогательная антенна закрепляется неподвижно и, как правило, является передающей.

В АО «ИСС» преобладают остронаправленные антенны, использующиеся на КА, поэтому полигон представляет собой две поднятые высоко над землей вышки с падающим рельефом между ними (см. схему на рис. 1) [5]. Такой полигон позволяет уменьшить нежелательные переотражения сигнала. В АО «ИСС» на полигоне для измерений в ДЗ расстояние между вышками для вспомогательной и исследуемой антенн составляет 2500 м.

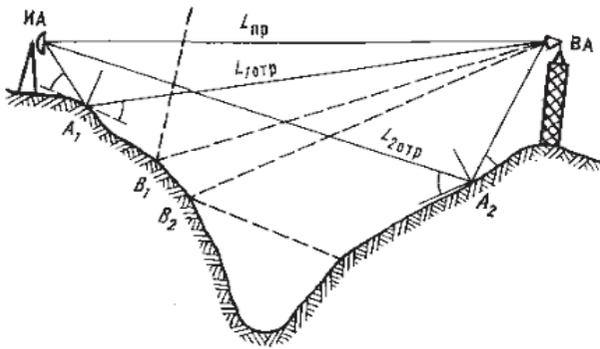


Рис. 1. Полигон с падающим рельефом [5]

При определении главных сечений ДН измеряется комплексный коэффициент передачи $\dot{S}_{21}(\omega, \theta)$ высокочастотного тракта, включающего в себя измеряемую антенну. Она вращается в заданном секторе углов $\theta_{\min} \leq \theta \leq \theta_{\max}$, а частота гармонического сигнала меняется в заданном диапазоне $\omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max}$. Вспомогательная и измеряемая антенны устанавливаются так, чтобы измерять требуемую поляризационную компоненту поля в требуемой плоскости сечения.

По окончании измерений накапливается массив измерительной информации в виде значений модуля и фазы комплексного коэффициента передачи по мощности на заданных частотах. Далее для требуемой частоты ω_k определяется максимальное значение $|S_{21}(\omega_k, \theta_0)|_{\max}$, соответствующее направлению главного максимума θ_0 , и вычисляется ДН:

$$F_{(дБ)}(\omega_k, \theta) = 20 \lg \frac{|S_{21}(\omega_k, \theta)|}{|S_{21}(\omega_k, \theta_0)|_{\max}}.$$

Для сравнительного анализа двух измерительных комплексов проведены измерения двухзеркальной антенны Кассегрена Ку-диапазона в ДЗ на полигоне и на плоскости в БП в безэховой камере (БЭК) по методике, описанной в [3; 6]. Антенна такого типа хорошо зарекомендовала себя и наиболее часто используется в полезной нагрузке перспективных космических аппаратов, поскольку позволяет добиться более высокой кросспolarизационной развязки, имеет более компактную схему построения, в результате чего упрощается подводка питания к облучателю. Результаты измерений представлены в виде сечений ДН в главных плоскостях (см. рис 2) и основных РТХ (см. таблицу 1).

Таблица 1. РТХ антенны при измерениях в ДЗ, БП

№ частоты	Зона	КНД	ШДН (-3 дБ)°		ШДН (-10 дБ)°	
			Азимут	Угол места	Азимут	Угол места
1	ДЗ	49,822	0,478	0,458	0,898	0,793
	БП	50,063	0,475	0,455	0,890	0,791
2	ДЗ	49,654	0,481	0,473	0,909	0,826
	БП	49,991	0,484	0,47	0,903	0,822
3	ДЗ	50,296	0,462	0,452	0,830	0,802
	БП	50,567	0,462	0,456	0,825	0,800
4	ДЗ	50,366	0,451	0,442	0,857	0,769
	БП	50,482	0,449	0,438	0,854	0,767
5	ДЗ	49,81	0,464	0,446	0,895	0,78
	БП	50,111	0,466	0,45	0,890	0,776

Заключение

Из рис. 2 следует, что максимальное расхождение ДН составляет 0,5 дБ вблизи уровня минус 27 дБ в азимутальной плоскости и 0,4 дБ в угломестной плоскости, что соответствует аппаратной погрешности комплексов (0,5 дБ для уровней ДН от минус 10 дБ до минус 30 дБ).

Из таблицы 1 видно, что максимальное расхождение ШДН составляет 0,08°, что превышает погрешность измерений (0,02° для комплексов ДЗ и БП). Максимальное расхождение КНД составляет около 0,3 дБ, что незначительно превышает погрешность измерений (0,2 дБ для комплексов ДЗ и БП). Поскольку антенна измерялась в разных условиях (в БЭК для БП и на полигоне для ДЗ), сказывается влияние рабочего места, а именно: при измерениях на полигоне в ДЗ появляются мешающие переотражения сигнала от подстилающей поверхности. Поэтому заметен небольшой рост уровней боковых лепестков антенны при измерениях в ДЗ, что приводит к расширению ДН и спаду КНД. Однако можно утверждать, что оба измерительных комплекса дают практически идентичные результаты при измерениях характеристик направленности антенн и, соответственно, могут использоваться при наземной экспериментальной обработке антенн подобного типа. В перспективе предполагается провести сравнение результатов измерений РТХ нескольких типов антенных систем в ДЗ и БП.

Литература

1. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д., Курочкин А.П. и др. Методы измерений параметров излучающих систем в ближней зоне. Л. Наука, 1985. – 272 с.

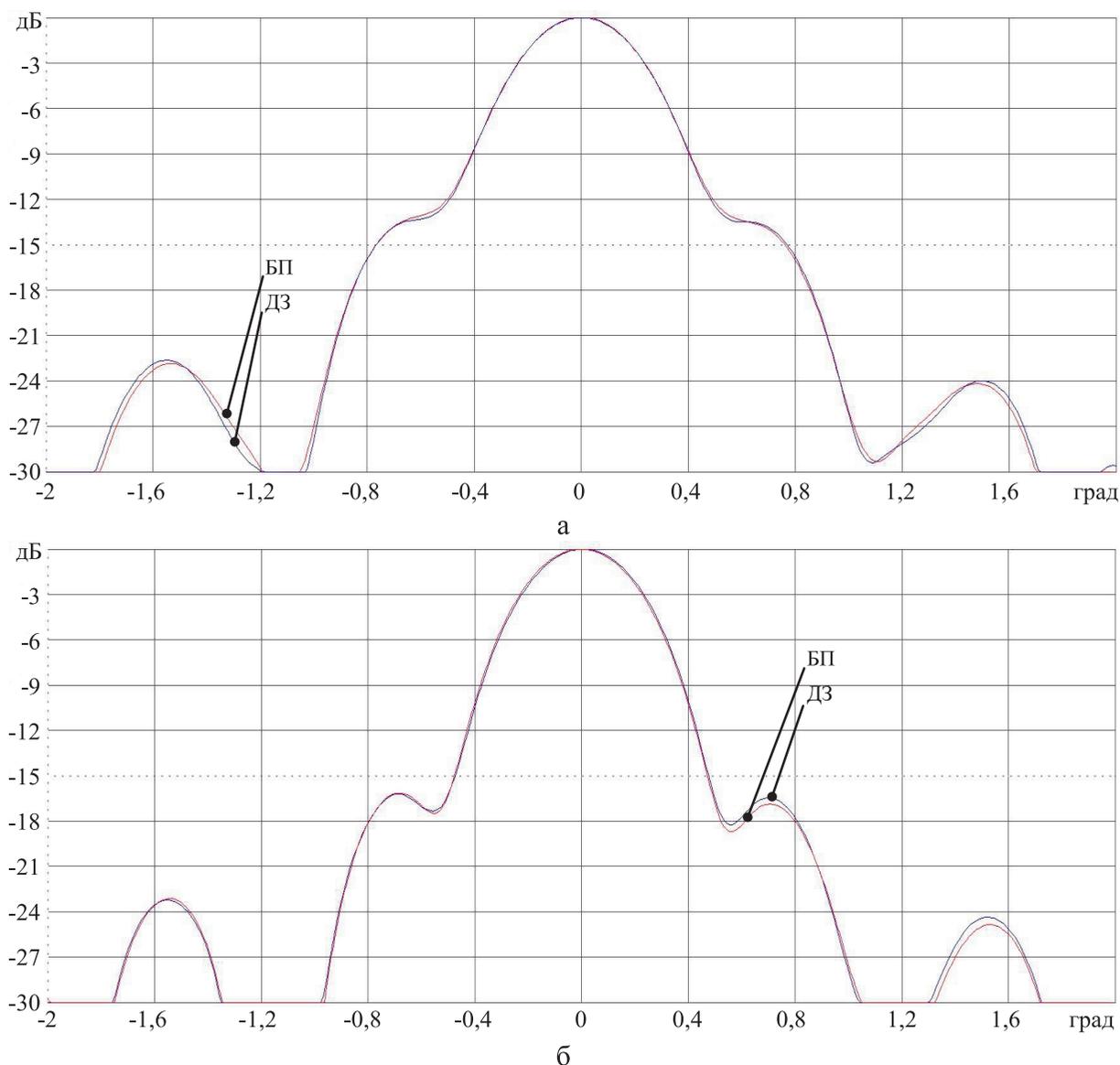


Рис. 2. Сравнительные сечения ДН в азимутальной (а) и угломестной (б) плоскостях

- Воронин Е.Н., Нечаев Е.Е., Шашенков В.Ф. Реконструктивные антенные измерения. М.: Наука, Физматлит, 1995. – 352 с.
- Мухин А.В. Использование радиотехнических сканеров в ОАО «ИСС» // Материалы ВНТК студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2013». Томск, 2013. – С. 20-22.
- Agilent Technologies. Испытания антенн. http://www.unitest.com/pdf/antenna_measurements_ru.pdf (д.о. 12.05.2016).
- Захарьев Л.Н., Леманский А.А., Турчин В.И. и др. Методы измерения характеристик антенн СВЧ. М.: Радио и связь, 1985. – 368 с.
- Доманов С.К., Мухин А.В., Конышев И.В. Измерение коэффициента усиления рупорной антенны в дальней зоне с помощью частотного и время-импульсного оборудования в диапазоне до 17 ГГц // Материалы ВНТК студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2014». Томск, 2014. – С. 11-14.

Получено 16.05.2016

Мухин Александр Васильевич, аспирант Кафедры телевидения и управления (ТУ), Томский университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Тел. +7 950 436-88-47. E-mail: Pilot_06@inbox.ru

Доманов Сергей Константинович, аспирант Кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники ТУСУР. Тел. +7 913 571-35-25. E-mail: Serzh.domanov@mail.ru

Газизов Тальгат Рашитович, д.т.н., с.н.с., заведующий Кафедрой ТУ ТУСУР. Тел. +7 382 241-34-39.
E-mail: talgat.tu@tusur.ru

EVALUATION OF RADIO-TECHNICAL PARAMETERS OF KU-BAND ANTENNA IN THE NEAR- AND FAR-FIELD MEASUREMENT SYSTEMS

Mukhin A.V., Domanov S.K., Gazizov T.R.

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation

E-mail: Pilot_06@inbox.ru

This work is concerned with antenna parameter measurements applied in JSC «ISS». Those measurements are important for antenna high gain ratio, which are used in spacecraft retransmission units. We represent test field profile used in JSC «ISS» in the simplified form, and described equipment included in the far-field ultra-wideband automated measuring and computing complex. We have produced measurements of two-mirror antennas in the near- and far-field by corresponding equipment and made comparison. The comparison analysis concerned on antenna radiotechnical parameters shows good agreement. Therefore, both measurement systems are able to be used for testing such type antennas.

Keywords: antenna radiotechnical parameter measurements, near-field, far-field.

DOI: 10.18469/ikt.2016.14.2.12

Muhin Alexandr Vasilevich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40 Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation; PhD student of the Department of Television and Control. Tel.: +79504368847. E-mail: Pilot_06@inbox.ru.

Domanov Sergey Konstantinovich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40 Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation; PhD student of the Department of Microwave and Quantum Radio. Tel.: +79135713525. E-mail: Serzh.domanov@mail.ru.

Gazizov Talgat Rashitovich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40 Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation; the Head of Department of Television and Control, Doctor of Technical Science, Higher Senior Officer. Tel.: +73822 413439. E-mail: talgat.tu@tusur.ru.

References

1. Bahrah L.D., Kremeneckiy S.D., Kurochkin A.P., Usin V.A., Shifrin Ya.S. *Metodi izmereniy parametrov izluchayushih sistem v blizhney zone* [Methods of parameters measurement of radiating systems in the near zone]. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 272 p.
2. Voronin E.N., Nechaev E.E., Shashenkov V.F. *Rekonstruktivnie antennie izmereniya* [Reconstructive antenna measurements]. Moscow, Nauka, Fizmatlit Publ., 1995. 352 p.
3. Mukhin A.V. Ispolzovanie radiotekhnicheskikh skanerov v AO «ISS» [Using the radio scanners at JSC «ISS»]. *Materiali dokladov vseross. nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov I molodikh uchenikh «Nauchnaya sessiya TUSUR-2013»* [Proc. All-Russian Conf. «Scientific Session TSUCSR-2013»], Tomsk, 2013, pp. 20–22.
4. Agilent Technologies. Antennas testing. Available at: http://www.unitest.com/pdf/antenna_measurements_ru.pdf. (accessed 12.05.2016.) (In Russian).
5. Zahir`ev L.N., Lemanskiy A.A., Turchin V.I., Ceitlin N.M., Sheglov K.S. *Metodi izmereniya harakteristik antenn SVCH* [Methods for measuring the characteristics of microwave antennas]. Moscow, Radio i Svyaz Publ., 1985. 368 p.
6. Mukhin A.V., Domanov S.K., Konyshchev I.V. Issledovanie otkloneniya diagrammi napravlenosti ofsetnoy anteny ellipticheskoy polarizatsii [Measuring the gain of the horn antenna in the far field with a frequency and pulse-time hardware up to 17 GHz range]. *Materiali dokladov vseross. nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov I molodikh uchenikh «Nauchnaya sessiya TUSUR-2013»* [Proc. All-Russian Conf. «Scientific Session TSUCSR-2014»], Tomsk, 2014, pp. 11-14.

Received 16.05.2016