

грузки при последовательном электрическом соединении каскадов.

Полученные соотношения позволяют оценить влияние тепловой нагрузки на показатели надежности, а именно, интенсивности отказов и вероятности безотказной работы двухкаскадных ТЭУ различных конструкций

при $\frac{n_1}{n_2} = 0,5; 0,33; 0,2; 0,1$ и перепадах температуры

$$\Delta T = 60 K, 70 K, 80 K, T = 300 K.$$

Анализ расчетных данных показывает, что с ростом тепловой нагрузки при заданном перепаде температур интенсивность отказов двухкаскадных ТЭУ различных конструкций увеличивается, а, следовательно, уменьшается вероятность их безотказной работы. С ростом перепада температур ΔT интенсивность отказов увеличивается

при заданных значениях $\frac{n_1}{n_2}$, и Q_0 .

С уменьшением отношения $\frac{n_1}{n_2}$ интенсивность отказов увеличивается при заданных значениях ΔT , Q_0 , n_1 .

Приведенные данные указывают на возможность прогнозирования показателей надежности двухкаскадных ТЭУ различных конструкций в зависимости от величины

тепловой нагрузки и условий функционирования.

Литература

1. Леонтьев, Л. П. Введение в теорию надежности радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / Л. П. Леонтьев. – Рига: Изд-во АН ЛССР, 1963 – 373 с.
2. Моисеев, В. Ф. Влияние режима работы охлаждающего термоэлемента на показатели надежности термоэлектрического устройства [Текст] / В.Ф. Моисеев, В.П. Зайков / Журнал ТКЭА. – 2001. – № 4–5, С. 30–32.
3. Зайков, В. П. Влияние тепловой нагрузки на показатели надежности термоэлектрического устройства [Текст] / В.П. Зайков, Л.А. Киншова, В.И. Марченко / Научно-технический сборник ТРиО. – 2003. – Вып.№1. – С. 56–62.
4. Зайков, В. П. Прогнозирование показателей надежности двухкаскадных ТЭУ в режиме Q_{0max} [Текст] / В. П. Зайков, Л. А. Киншова, Л. Д. Казанжи, Л.Ф. Храмова / Журнал ТКЭА. – 2009. – № 5, С. 34–37.
5. Зайков, В. П. Прогнозирование показателей надежности термоэлектрических охлаждающих устройств [Текст] Книга 1. Однокаскадные устройства / В.П. Зайков, Л.А.

УДК 321.396.49

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ КРОСС-ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ И ЗАТУХАНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ДОЖДЯ

С. В. Ельченко

Инженер средств радио и телевидения

ООО “ЭкостарУкраина”

ул. Новгородская 11а, г. Харьков, Украина, 61145

Контактный тел.: 050-212-09-85

E-mail: elchenko@ukr.net

У статті розглядаються результати тестування моделей, які описують кореляційний зв'язок між кросс-поляризаційною вибірністю та затуханням внаслідок впливу гідрометеорів у вигляді дощу.

Ключові слова: XPD, кросс-поляризація, кореляція.

В статье рассматриваются результаты тестирования моделей, описывающих корреляционную связь между кросс-поляризационной избирательностью и затуханием вследствие воздействия гидрометеоров в виде дождя.

Ключевые слова: XPD, кросс-поляризация, корреляция.

The present article considers the results of testing of models describing the correlation between cross-polarization discrimination and co-polar attenuation due to rain.

Key words: XPD, cross-polarization, correlation.

1. Введение

Опытным путем, в процессе анализа результатов измерений, обнаружена корреляционная связь между деполяризацией и затуханием вследствие воздействия на канал связи гидрометров в виде дождя, в следствие чего выведены несколько математических выражений, связывающих XPD и CPA («Cross-Polarization Discrimination» и «Co-Polar Attenuation»). Выражения XPD и CPA корреляции выведены при использовании теории рассеивания в дождевой капле и различных моделей

распределения размеров и формы дождевой капли. Эти выражения обычно включают в себя следующие переменные: частоту, угол наклона поляризации относительно горизонта, угол подъема канала, распределение угла наклона дождевой капли.

2. Моделирование XPD и CPA корреляции

На сегодняшний день существует несколько моделей, которые получили широкое применение, описывающих

корреляционную связь между XPD и CPA вследствие воздействия гидрометеоров, в виде дождя. Исходным для многих моделей, описывающих это явление, является следующее выражение:

$$XPD_{1,p} = U - V \log(A_p) - C_\tau - C_\beta + C_\sigma - C_x + S + M, (dB) \quad (1)$$

где U – переменная модели, зависящая от частоты;

V – переменная модели, зависящая от затухания;

C_τ – переменная модели, зависящая от поляризации;

C_β – переменная модели, зависящая от угла подъема канала;

C_σ – переменная модели, зависящая от угла наклона капли;

C_x – переменная модели, учитывающая различие между горизонтальной и вертикальной поляризацией;

S – константа;

M – дополнительная переменная.

Наиболее широкое применение нашли следующие модели:

1) **ITU-R Model** [ITU-R, 1997]

2) **Dissanayake, Haworth, Watson analytical model (DHW)** [Dissanayake et al., 1980]

3) **Chu Model** [Chu, 1982]

4) **Stutzman and Runyon model (SR)** [Stutzman and Runyon, 1984]

5) **Nowland, Sharofsky and Olsen (NOS) model** [Nowland et al., 1977]

6) **Van de Kamp Model** [Van de Kamp, 1999]

Каждая из описанных выше моделей была создана на основании экспериментальных результатов. Различия между ними представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1

Значения переменных U и V , где: f – частота, GHz

	U	V
ITU – R	$30 \log(f)$	$12.8 f^{0.19}$; $8 \leq f \leq 20GHz$ 22.6 ; $20 \leq f \leq 35GHz$
DHW	$84.8 - 88.8 x f^y + (50.32 x f^y - 21.9) \log(f)$; $x = 0.759, y = 0.08$	20
Chu	$20 \log(f)$	20
SR	$17.3 \log(f)$	19
NOS	$26 \log(f)$	20; $8 \leq f \leq 15GHz$ 23; $20 \leq f \leq 35GHz$
Kamp	$20 \log(f)$	16.3

Таблица 2

Значения переменных C_τ и C_β , где τ угол наклона поляризации, относительно горизонта, в градусах; β угол подъема канала, в градусах; σ_ϕ стандартная величина отклонения капли вследствие грозового шторма, $\sigma_\phi = 3^\circ$

	C_τ	C_β
ITU – R	$10 \log(1 - 0.484(1 + \cos(4\tau)))$	$40 \log(\beta)$
DHW	$20 \log \sin(2\tau) $	$40 \log(\cos(\beta))$
Chu	$10 \log(0.5(1 - \cos(4\tau) \exp(-0.0024\sigma_\phi^2)))$	$40 \log(\cos(\beta))$
SR	$10 \log(0.5(1 - \cos(4\tau) \exp(-0.0024\sigma_\phi^2)))$	$42 \log(\cos(\beta))$
NOS	$20 \log \sin(2\tau) $	$40 \log(\cos(\beta))$
Kamp	$10 \log(0.5(1 - \cos(4\tau) \exp(-0.0024\sigma_\phi^2)))$	$41 \log(\cos(\beta))$

Таблица 3

Значения переменных C_σ, C_x, M и константы S , где σ угол наклона капли; σ_p угол наклона капли на протяжении события и от события до события: σ_p $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ где $p = 1\%, 0.1\%, 0.01\%$; A_p Затухание вследствие дождя, в процентном соотношении от времени p , dB; r коэффициент не сферичности капли; L длина пути внутри дождя

	C_σ	C_x	S	M
ITU – R	$0.0052\sigma_p^2$			
DHW	$17.37\sigma^2$			
Chu	$0.0052\sigma_p^2$	$0.075 \cos^2(\beta) \cos(2\tau)A_p$	11.5	
SR	$0.0052\sigma_p^2$		9.3	$-\log(r)$
NOS	$0.0052\sigma_p^2$		4.1	$(V - 20) \log(L)$
Kamp	$0.0052\sigma_p^2$	$0.075 \cos^2(\beta) \cos(2\tau)A_p$	8	

Также широко применяется модель **Fukuchi**, основанная на сравнении равновероятного отношения между кросс-поляризационной развязкой и затуханием при использовании статистических данных. Поправочный коэффициент δ может быть использован для получения статического распределения XPD, $\Pr\{XPD < x\}$, от совокупной функции распределения ко-полярированного затухания, $\Pr\{A > a\}$:

$$\Pr\{XPD < x\} = \delta \Pr\{A > a\} \quad (2)$$

где $x = f(a)$ – теоретическое отношение между значениями XPD вследствие дождя и значениями A ;

$$\delta = \frac{100}{100 - \rho}$$

где ρ – вероятность затухания меньше чем a ,

при условии, что $XPD < x$.

Отношение между поправочным коэффициентом δ и ко-полярированным затуханием, было экспериментально получено с одновременных измерений деполяризации и затухания выполненных в Японии:

$$\delta_p = \begin{cases} \delta_0; & A_p < A_1 \\ \frac{(A_p - A_1)}{(A_2 - A_1)}(1 - \delta_0) + \delta_0; & A_1 < A_p < A_2 \\ 1; & A_p > A_2 \end{cases} \quad (3)$$

где A_1, A_2 – значения затухания, которые соответствуют интенсивности дождя 20 и 80мм/ч;

$$\delta_0 = \frac{2}{1 - \alpha}$$

где α коэффициент дождя, $\alpha < 1$ (**Fukuchi** предложил значение равное 0,8).

Процентное соотношение времени в течение которого XPD вследствие дождя меньше XPD_p , $Perc\{XPD < XPD_p\}$, рассчитано в результате умножения процентного отношения времени, p , (в течение которого XPD вследствие дождя меньше XPD_p , рассчитанного согласно с моделью $UTI - R(XPD_{1,p} = U - V \log(A_p) - C_\tau - C_\beta + C_\sigma)$, с поправочным коэффициентом δ_p , полученным

при использовании общей функции распределения затухания A_p :

$$Perc \{XPD < XPD_p\} = \delta_p p \tag{4}$$

Модель проверена измерениями, выполненными в Японии в рамках ETS-II и SSE экспериментов, с хорошей точностью на 11.5 GHz (линейная и круговая поляризация) и с постоянным занижением в 6 dB на частоте 34 GHz. Занижение предписано к недостаткам точности статического распределения затухания. Модель также была проверена при использовании базы данных *UTI – R*, *XPD* распределения. База данных включает в себя измерения на частотах от 11 до 35 GHz, и для большинства экспериментов, содержащихся в базе данных, погрешность была $\pm 10\%$.

3. Тестирование XPD-CPA моделей

Оценка общей функции распределения кросс-поляризационной избирательности в годовом процентном соотношении для моделей *UTI-R* (1997), *Fukuchi* (1990) и *DHW* (1980), была проверена при помощи спутников *Olympus* и *Hot Bird 8*.

Измерения *Olympus* были выполнены в Эйндховенском Техническом Университете (EUT), в Нидерландах, (Hoger, 1991), (Van de Kamp, 1994, 1995, 1999) и в Католическом Университете Лувена (UCL) Лувен-ля-Нёв, Бельгия (Dintelmann, 1994). Измерения *Hot Bird 8* были выполнены в Харьковском Национальном Университете радиоэлектроники (KTURE), Харьков, Украина (Ельченко, 2010, 2011).

В таблице 4 представлены параметры приемных станций, спутников *Olympus* и *Hot Bird 8*, которые необходимы для тестирования моделей *UTI-R*, *Fukuchi* и *DHW*.

Таблица 4

Параметры, используемые для тестирования моделей *UTI-R*, *Fukuchi*, и *DHW*

Дислокация приемной станции	Частота, GHz	Угол возвышения	Вид поляризации	Угол наклона	Период измерений
Эйндховен	12.5	26.7	линейная	71.6	01/01/1991–31/07/1992
Лувен-ля-Нёв	12.5	27.8	линейная	71.1	01/01/1992–31/12/1992
Харьков	12.015	28.6	линейная	108.28 (-71.72)	01/03/2010–01/05/2011

Погрешность моделей относительно измерений, $\epsilon(p) = XPD(\text{модель}) - XPD(\text{измерения})[dB]$, рассчитана как функция годового процентного отношения. Средняя погрешность $\langle \epsilon(p) \rangle$, среднееквадратическое значение $\sqrt{\langle \epsilon^2(p) \rangle}$ и среднееквадратическое отклонение σ представлены в таблице 5.

Таблица 5

Погрешность моделей *UTI-R*, *Fukuchi*, и *DHW* относительно измерений

Дислокация приемной станции	Модель	$\langle \epsilon(p) \rangle$, dB	$\sqrt{\langle \epsilon^2(p) \rangle}$, dB	σ , dB
Эйндховен	ITU-R	2.125	2.498	1.314
	DHW	4.169	4.658	2.077
	FUK	-4.0880	4.614	2.139
Лувен-ля-Нёв	ITU-R	1.39	2.297	1.827
	DHW	3.5	4.414	2.163
	FUK	-4.071	4.200	1.03
Харьков	ITU-R	4	4.26	2.19
	DHW	6.2	6.88	5.21
	FUK	-2.6	2.73	2.06

На рис.1 представлена взаимосвязь между кросс-поляризационной избирательностью и затуханием вследствие дождя, для моделей *UTI-R*, *DHW*, *FUK* и измерений в Харькове, Эйндховене. Из чего видно, что модели *UTI-R*, *DHW* и измерения в Эйндховене имеют не линейную зависимость. Также рис. 1 отображает, что модель *FUK* и измерения Харькове имеют зависимость близкую к линейной.

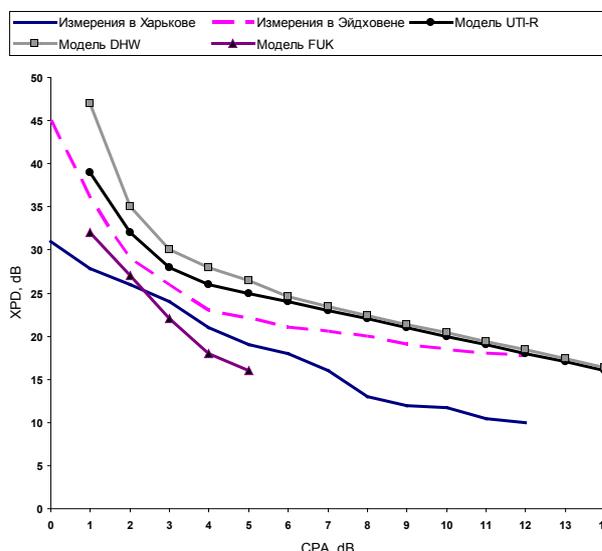


Рис.1. Графическое изображение измерений в Харькове, Эйндховене и моделей *UTI-R*, *DHW*, *FUK* корреляционной связи между XPD и CPA вследствие влияния гидрометеоров в виде дождя

Рассмотренные модели отображают корреляционную связь между XPD и CPA вследствие воздействия на канал спутниковой связи гидрометеоров в виде дождя. Графическое отображение моделей, на рис.1, наглядно показывает сходство с практическими измерениями, с учетом погрешности. Погрешности указаны в таблице 5, в результате тестирования моделей и сравнения с практическими измерениями. Следует отметить, что модель *FUK* наиболее близка к измерениям, произведенным в Харькове.

Литература

1. Поповский, В.В. Электромагнитная доступность источников радионизлучения [Текст] / В.В. Поповский – ВАС,1987 – 262 с.

2. Alnutt, J. Satellite-to-ground Radiowave Propagation [Текст] / J. Alnutt // IEE Electromagnetic Waves Series – 1989. – Vol. 30, №11, pp 50-54.
3. Aresu, A., Damosso, E., Martellucci, A., Ordano, L., Paraboni A. Depolarisation of electromagnetic waves due to rain and ice: theory and experimental results [Текст] / A. Aresu, E. Damosso, A. Martellucci, L. Ordano, A. Paraboni // Alta Frequenza. – 1994. – Vol. 6, № 6, pp 70-75.
4. Chu, T. S. A semi-empirical formula for microwave depolarisation versus rain attenuation on earth-space paths [Текст] / T. S. Chu // IEEE Trans. Commun. – 1982. – Vol. 30, №12, pp 2550-2554.
5. Dintelmann, F. Reference Book on Depolarisation [Текст] / F. Dintelmann – OPEX- ESA WPP-083, 1994 – pp 74.
6. Dissanayake, A. W., Haworth, D. P., Watson, P. A. Analytical models for cross-polarisation on earth space radio paths for frequency range 9-30 GHz [Текст] / A. W. Dissanayake, D. P. Haworth, P. A. Watson // Ann. Telecommunication. – 1980. – Vol. 35, №11-12, pp 398-404.
7. Hogers, R., Herben, M., Brussaard, G. Depolarisation analysis of the 12.5 and 30 GHz Olympus beacon signals [Текст] / R. Hogers, M. Herben, G. Brussaard // Proc. 1st OPEX Workshop, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands. – 1991. – pp. 2.4.1-2.4.12.
8. Fukuchi, H. Prediction of depolarisation distribution on earth-space paths [Текст] / H. Fukuchi // IEE Proceedings. –1990. – Vol.137, №6.
9. Van de Kamp, M. Depolarisation due to rain: the XPD-CPA relation [Текст] / M. Van de Kamp // Int. J. Sat. Com. – 2001. – Vol. 9, № 3, pp. 285-301.
10. ITU-R. Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems // Propagation in Non-Ionized Media. – 1997. – Rec. 618-5.

В статті проаналізовано проблему підвищення точності вимірювання лінійних параметрів температурних фрагментів зони плавки за допомогою телевізійних засобів вимірювання. Запропоновано формулу для кількісної оцінки порогового контрасту. Проведено дослідження змін порогового контрасту в залежності від просторової частоти.

Ключові слова: зонна плавка, телевізійний засіб вимірювання.

В статье проанализирована проблема повышения точности измерения линейных параметров температурных фрагментов зоны плавки с помощью телевизионных средств измерения. Предложена формула для количественной оценки порогового контраста. Проведены исследования изменений порогового контраста в зависимости от пространственной частоты.

Ключевые слова: зонная плавка, телевизионное средство измерения.

The article analyzes the problem of measurement accuracy of linear parameters of temperature fragments for zone melting by means of television measurement. A formula for the quantitative assessment of contrast threshold was suggested. A study of threshold contrast changes depending on the spatial frequency was held.

Keywords: zone melting, television measuring device.

УДК 621.307.13

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНИХ ФРАГМЕНТІВ ЗОНИ ПЛАВКИ

М. О. Маркін

Кандидат технічних наук, асистент*

Контактний тел.: (044) 406-85-03, 097-65-47-88

E-mail: nauka@naeps.kpi.ua

О. М. Маркіна

Асистент*

Контактний тел.: (044) 406-85-03, 096-239-32-33

E-mail: O.N.Markina@gmail.com

А. М. Драган

Аспірант*

Контактний тел.: (044) 406-85-03, 063-260-46-83

E-mail: Ann.Feer@gmail.com

*Кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" вул. Політехнічна, 14, м. Київ, 03056

1. Вступ

Ефективність більшості високотемпературних технологій, які застосовуються для отримання нових матеріалів та матеріалів із заданими властивостями, може

бути забезпечена тільки при дотриманні технологічних вимог, що неможливо без належних технічних засобів вимірювання, які повинні не тільки задовольняти сучасні вимоги щодо точності вимірювання, але й мати значний потенціал вдосконалення своїх характеристик.