

Оценка ефективността на оптималното линейно предизкривяване на сигнала

Петър Иванов, Христина Спиридонова, Галина Чернева

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков” Факултет по Комуникации и електрообзавеждане в транспорта, София 1574, БЪЛГАРИЯ, бул. Гео Милев 158, Lz1pgi@gmail.com, тел. 0888615109, hristinaspiridonova@abv.bg, galja_cherneva@abv.bg

***Резюме:** Към съвременните радиокомуникационни системи с осигурителна отговорност се предявява изискването да се гарантира определено ниво на шумоустойчивост, независимо от изменящата се активност на канала. В предложената работа се предлага подход за решаване на поставения проблем чрез метода на предварителна корекция на сигнала от страна на предавателя. Разгледан е въпросът за оценка на предложения подход.*

Evaluation of Effectiveness of Method for Optimum Linear Signal Pre-Equalization

Peter Ivanov, Hristina Spiridonova, Galina Cherneva

***Abstract:** The modern radio communication systems with safety responsibility are required to guarantee determinately level of noise-resistance stability independently of the variability activity of the channel. The paper presents a method for signal pre-equalization at the transmission side of communication channel, which allows to implement distortion compensation on a predetermined frequency interval. The problem of evaluation a method effectiveness is considered.*

1. Въведение в проблема.

Повишаването на шумоустойчивостта и ефективността на системите за предаване на информация заема централно място в съвременната теория и практика на радиокомуникационните системи.

Сигналите са функция както на времето, така и на предаваното съобщение. Времева зависимост характеризира формата на предаваните сигнали, а информационната зависимост – вида на модулацията. Ако сигналите се предават по неизкривяващ канал за връзка и приемат на фона на бял шум, то качеството на приемане се определя само от вида на модулацията и не зависи от формата на предаваните сигнали.

Съвсем различна е ситуацията, ако приеманите сигнали са изкривени от корелиран шум или от канала за връзка. В този случай

шумоустойчивостта при приемане зависи не само от вида на модулацията, но и от формата на предаваните сигнали. Както формата на сигналите, така и вида на модулацията, могат да бъдат оптимизирани, т.е. съгласувани с дадения канал за връзка [1]. Изследването на подходи за повишаване на шумоустойчивостта на комуникационните системи чрез съгласуване на формата на предаваните сигнали и вида на модулация с канала, без допълнително увеличаване на мощността на излъчване, е от изключителна актуалност.

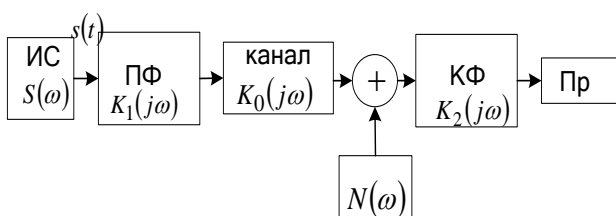
Методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране се използват за шумоустойчива обработка на сигнала, едновременно на предаващия и приемащия тракт на системата. Същността на предизкривяването и корелацията се състои в такива линейни операции

над полезния сигнал и смущението, при които при неизменяща се средна мощност на сигнала на входа на канала, е възможно да се увеличи отношението сигнал/шум на входа на приемника [4,5]. В настоящата работа е оценена ефективността от използване на оптималното линейно предизкривяване на сигнала, в случай на известна амплитудно-честотна характеристика на предизкривяващия филтър.

2. Същност на оптималното линейно предизкривяване и коригиране на сигнала.

Синтезът на една радиокомуникационна система (РКС) се изразява в определянето на оптимална по определен критерий структура на системата, при зададени характеристики на условията на работа, външните въздействия и ограничения [2]. Най-важният етап на оптимизацията на повечето радиосистеми е синтезът на оптимални сигнали и устройства за тяхната обработка (филтри). В теория на информацията кодирането, позволяващо да се предава информация със скорост, равна на пропускателната способност на канала, се нарича „идеално“ или кодиране по Шенон [2]. Обикновено за целите на „идеално“ кодиране се използват нелинейни кодиращи филтри на предавателната част [3]. За разлика от „идеалното“ кодиране, предизкривяването и корекцията се осъществяват от линейни филтри, включени в предавателната и приемната част на РКС.

Функционалната схема на РКС с предизкривяване и коригиране е дадена на фиг.1. От източника на сигнал ИС постъпва сигнал, съответстващ на предаваното съобщение, с енергиен спектър. В канала за връзка, с предавателна функция, има наличие на адитивен бял шум с енергиен спектър. Сигналят, респ. съответстващият му енергиен спектър, се изкривява през предизкривяващия филтър (ПФ) с предавателна функция. В случая той изпълнява функцията на линейно кодиращо устройство.



Фиг.1. Структурна схема на РКС с предизкривяване и коригиране.

При въвеждането на предизкривявания на сигнала в предавателната част на системата, енергийният спектър на входа на приемника ще бъде изкривен в съответствие със закона на предизкривяване. За възстановяване формата на сигнала на входа на приемника (Пр) се включва т.н. коригиращ филтър (КФ) с предавателна функция $K_2(j\omega)$, който изпълнява ролята на декодиращо устройство. Той изпълнява функцията на съгласуван (оптимален) филтър.

Двата филтъра (ПФ и КФ) в общ случай представляват четириполусници, чийто предавателни функции не са, или са, взаимнообратни.

Използването на подобен подход за шумоустойчива обработка на сигнала е перспективен, защото позволява да се постигне скорост на предаване на информацията максимално близка до пропускателната способност на даден канал. Т.е. оптималното линейно предизкривяване и коригиране е възможно да се доближи до т.н. „идеално“ кодиране.

3. Оценка на ефективността на методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране.

Нека амплитудно-честотните характеристики на ПФ и КФ са съответно $K_1(f)$ и $K_2(f)$, $\frac{P_S}{P_N}$ е отношението сигнал/шум при липса на предизкривяване и корекция, а $\frac{P_{S_{corr}}}{P_{N_{corr}}}$ е отношението сигнал/шум при наличие на предизкривяване и корекция на входа на приемното устройство.

В общия случай ПФ и КФ внасят затихване, особено ако са изпълнени във вида на пасивни четириполусници. В съответствие с това може да се запише:

$$(1) \quad K_1(f)K_2(f) = k > 0$$

Ефективността на използването на предизкривяване и корекция ще се оцени чрез коефициента k , показващ колко пъти отношението сигнал/шум на входа на приемника е по-голямо отколкото при тяхната липса, т.е. при $K_1(f)K_2(f) = 1$

$$(2) \quad \varepsilon = \frac{P_{S_{corr}}}{\frac{P_{N_{corr}}}{P_S}} = \frac{P_{S_{corr}} P_N}{P_S P_{N_{corr}}},$$

или, изразено чрез спектралната плътност на сигнала $S(f)$ и на шума $N(f)$:

$$(3) \quad \varepsilon = \frac{\int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df \int_{f_1}^{f_2} N(f) df}{\int_{f_1}^{f_2} S(f) df \int_{f_1}^{f_2} N(f) |K_2(f)|^2 df},$$

където f_1 и f_2 са граничните честоти на ефективната лента на пропускане на системата.

За правилна оценка на ефективността от използването на предизкривяване и коригиране е необходимо да се изпълни условието за фиксиране на средна мощност на входа на канала:

$$(4) \quad \int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df = P_{S_{cp}} = const.$$

За изпълнение на условие (4) е необходимо за компенсирание на затихването на сигнала в предизкривяващия филтър да се включи допълнителен усилвател в предавателния тракт на системата. Този усилвател трябва да компенсира намаляването на средната мощност на сигнала в предизкривяващия филтър. Ако означим неговия коефициент на усилване с λ , то

$$(5) \quad \lambda = \left(\int_{f_1}^{f_2} \frac{S(f)N(f)}{P_{S_{cp}} K_0^2 + P_N} df \right)^2.$$

Следователно, в съответствие с (5), оптималният ПФ пропуска не всички, а само тези спектрални компоненти на полезния сигнал на входа на комуникационния канал, за които отношението сигнал/шум е по-голямо от някаква зададена прагова стойност.

Зависимост (5) показва колко пъти е възможно да се намали средната мощност на смущенията на входа на приемника при фиксирана средна мощност на полезния сигнал на входа на канала,

или колко пъти е възможно да се намали средната мощност на полезния сигнал на входа на канала при неизменна шумоустойчивост (т.е. при постоянна средна мощност на смущенията на входа на приемника). Тази формула е удобна да се използва при изчисляване на ефективността от използване на предизкривяване и корекция в случай на известни смущения и при известен закон на предизкривяване, определен от амплитудно-честотната характеристика на предизкривяващия филтър $K_1(f)$.

4. Заключение.

Разглежданият подход за синтез на РКС за предаване на информация дава възможност за търсене на решения на комплексната задача за оптимизация на формата на сигнала при предаване съвместно с оптимална филтрация при приемане. Съчетан с възможностите на адаптивно предизкривяване и корекция относно изменящата се активност на канала би позволил определянето на гарантираните нива на работоспособност на системата в различни ситуации, включително и при въздействие на преднамерени смущения, което е от изключителна актуалност при предаване на информация с осигурителна отговорност.

Литература.

- [1] Чернева Г. Формиране и изследване на сигнали, съгласувани с комуникационни канали. Автореферат на дисертация за придобиване на ОНС «доктор».2007.
- [2] Proakis J. and Salehi M. Communication Systems Engineering. – Prentice-Hall.: Upper Saddle River, NJ, 2002.
- [3] Скляр Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е издание. Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс", 2003.
- [4] Андонов А., Г.Чернева. Изследване на електрически вериги за съгласуване на сигнали с радиокомуникационни канали. Годишник на ТУ–София. ISSN 1311-0829, том 63/кн.2/2013г., стр. 213-220.
- [5] Petrakieva, S., O. Garasym, I. Taralova, G-interval Method for Secure Chaotic Synchronization and Information Transmission, Proceedings of 9th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST – 2014), ISSN: 978-1-908320-39/1/\$25.00 © 2014 IEEE, 8 – 10 December 2014, London, UK, pp. 37 – 42