

КАБЕЛИ И ЛИНИИ СВЯЗИ

УДК 621.391

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МНОГОПАРНЫХ КАБЕЛЕЙ
В СЕТЯХ DSL-ДОСТУПАПлощади референтного и эксплуатационного треугольников
(критерий Шчепановича)

В. Шчепанович, KablSistem (Белград, Республика Сербия); kbs.nt@nadlanu.com

Ключевые слова: многопарные кабели связи, xDSL-доступ, референтная частота, корреляция, референтный треугольник, эксплуатационная частота сети, эксплуатационный треугольник, плотность цифровых сетей.

Введение. В сетях xDSL-доступа наиболее широко представлен голосовой сервис на частоте 0,3—3,4 кГц, где время эксплуатации абонентских цепей в течение суток крайне незначительно. Неиспользованный ресурс телекома на последнем абонентском шаге длиной в 1 км — это реальная эксплуатационная частота цепей примерно в $6 \cdot 10^7$ Гц и неограниченное время эксплуатации. Оператор, планирующий предложить своим абонентам сервисный пакет triple play (быстрый Интернет, цифровое ТВ плюс телефония) в сетях, построенных на основе многопарного низкочастотного (НЧ) кабеля с помощью технологий xDSL, должен знать реальную эксплуатационную частоту абонентских цепей и прежде всего ее временную стабильность. С временной стабильностью параметров передачи данных по цепям в сердечнике кабеля наиболее часто сталкиваются операторы, оборудовавшие свои сети НЧ-кабелями с ПВХ-изоляцией жил и звездными четверками.

Оценивая капитальные затраты на сеть, оператор для известного числа ($n \times 64$) физических шагов в сети point-to-multipoint должен определить число цифровых цепей ($n \times 64$ кбит/с), т. е. скорость передачи данных в абонентской цепи. Вне зависимости от того, на основе какого кабеля (низкочастотного со звездными четверками или DSL с сердечником из секторов и пар) будут построены сети, плотность цифровых цепей — реальная эксплуатационная частота цепей — будет определяться финансовыми возможностями оператора.

Для проверки качества строительных длин многопарных кабелей проведем корреляцию между референтной частотой f , и площадью референтного треугольника $A-N_e-T_e$. Зная критерии для PSACR (определяет реальную эксплуатационную частоту в многопарном кабельном сердечнике, или скорость передачи в абонентской линии) при xDSL-системах, которые планируется применить в многопарных сетях, автор в целях определения качества сетей проводит корреляцию между эксплуатационной частотой сети и площадью реального эксплуатационного треугольника $A-N_e-T_e$.

Фирма KablSistem (Сербия) разработала систему переоборудования сети (НЧ-кабелями со звездными четверками) для широкополосного xDSL-доступа.

Распределение Attn и PSNEXT в кабельном сердечнике. Критерий качества телекоммуникационного кабеля — частотное распределение нескольких параметров передачи

цепей: $Attn(\alpha l)$ — затухания симметричных цепей, величина которого зависит от диаметра жилы, вида оболочки (изоляции) жилы и шага элементов скрутки; $PSNEXT$ — суммарной мощности взаимного влияния между цепями на ближнем конце плюс шум, зависящей от модуля комплексной функции передачи эквивалентного фиктивного четырехполюсника на ближнем конце, и $PSFEXT$ — суммарной мощности взаимного влияния между цепями на дальнем конце плюс шум, зависящей от модуля комплексной функции передачи эквивалентного фиктивного четырехполюсника на дальнем конце. Эти параметры определяют модули комплексных функций передачи четырехполюсников в кабельном сердечнике — физической пары и фиктивных (пары цепей на ближнем и дальнем концах).

Функции передачи ($Attn$, $PSNEXT$ и $PSFEXT$) зависят от конструктивной однородности параметров кабеля:

- диаметра жилы (0,4; 0,5 и 0,6 мм);
- толщины и вида изоляции жилы (сплошная полиэтиленовая; рабочая емкость $C_n = 50—55$ нФ/км или пористо-сплошная ПЭ; $C_n = 36—38$ нФ/км);
- элементов скрутки (пара или звездные четверки);
- формации группы A (рис. 1) и шага элементов скрутки внутри группы A ;
- шага группы A при формировании секторов E и D (рис. 2);
- геометрической симметрии поперечного сечения кабеля.

Величина продольного затухания симметричных пар (дБ/км) рассчитывается по формуле

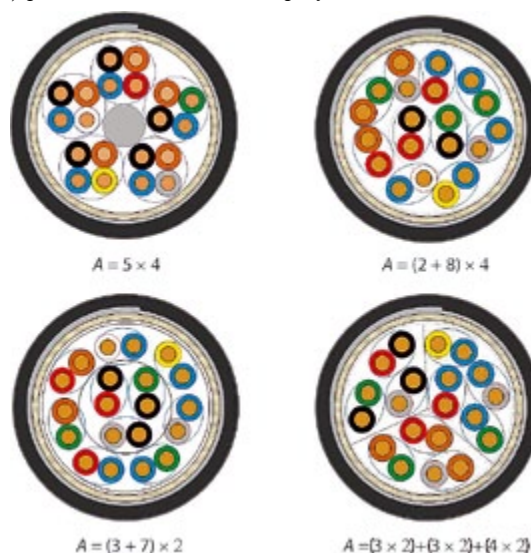


Рис. 1

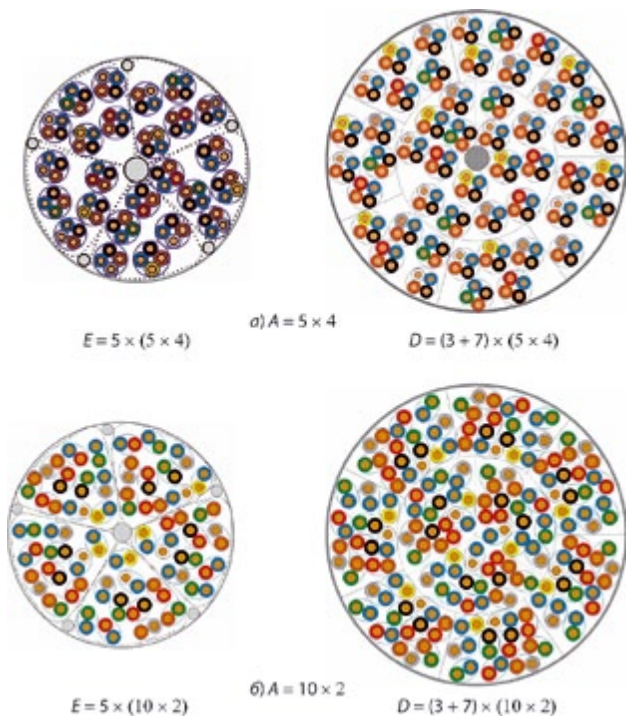


Рис. 2

$$\alpha = k_1\sqrt{f} + k_2f + \frac{k_3}{\sqrt{f}} \tag{1}$$

где f — частота, МГц; k_1 , k_2 и k_3 — эмпирические коэффициенты затухания.

На величину затухания симметричных пар можно воздействовать выбором диаметра жилы (0,4; 0,5 или 0,6 мм), полиэтиленовой оболочки жилы (сплошная или пористо-сплошная), элементов скрутки (пара или звездные четверки) и их шагов. Для расчета частотной характеристики затухания пар длиной 1 км (Attn) используются коэффициенты k_1 , k_2 , и k_3 (табл. 1):

Таблица 1

Диаметр жилы, мм	k_1	k_2	k_3
0,4	22,31	0,25	0,55
0,5	19,67	0,23	0,50
0,6	17,97	0,21	0,46

Характеристики затухания пар длиной 1 км, образованных из проводов диаметром 0,4; 0,5 или 0,6 мм с полиэтиленовой изоляцией в диапазоне частот 30 МГц (0,4 мм); 60 МГц (0,5 мм) и 100 МГц (0,6 мм), приведены в табл. 2.

Категория многопарных DSL-кабелей определяется функцией передачи фиктивных четырехполюсников. В реальных условиях эксплуатации широкополосных сетей в многопарном кабельном сердечнике емкостью n цепей суммарную мощность влияния $(n-1)$ влияющих цепей на ближнем конце n -й цепи, подверженной влиянию, можно представить комплексной функцией передачи эквивалентного фиктивного четырехполюсника на ближнем конце. (На n -ю пару больше всего влияют активные пары — прямо, через остальные пары в кабельном сердечнике и через металлические части оболочки кабеля. Через третьи цепи и металлическую оболочку кабеля на PSNEXT практически влияет $(n-1)$ -я пара.)

Таблица 2

f , МГц	Attn, дБ		
	0,4 мм	0,5 мм	0,6 мм
1	23,11	20,04	18,64
2	32,44	28,12	26,16
3	39,7	34,4	32
4	45,9	39,8	37
5	51,38	44,55	41,44
6	56,37	48,88	45,47
7	61	52,9	49,2
8	65,3	56,63	52,67
9	69,36	60,17	55,95
10	73,2	63,5	59,07
20	104,9	91,07	84,67
30	129,8	112,8	104,8
60		163,4	151,9
100			200,8

PSNEXT n -й цепи, подверженной влиянию, можно рассчитать по формуле

$$PSNEXT_{0n} \approx 10 \log \sum_{i=1}^{n-1} 10^{-0,1\alpha_{0i}} \tag{2}$$

Для частотного распределения PSNEXT (f):

$$PSNEXT(f) \approx N_r(1) - G \log f \tag{3}$$

где $N_r(1)$ — PSNEXT на 1 МГц. В зависимости от категории DSL-кабеля эта величина может быть равна 44 дБ (30 МГц), 52 дБ (60 МГц) и 62 дБ (100 МГц), $N_r = PSNEXT(1 \text{ МГц})$; $G \approx 15$ дБ/декаду — среднее квадратическое значение распределения PSNEXT для всех трех категорий DSL-кабелей. $PSNEXT(f) = PSNEXT(1) - G \log f$. Вне зависимости от категории более качественными являются DSL-кабели, имеющие $G < 15$ дБ/декаду.

В общем случае для распределения PSNEXT (f) в DSL-кабелях

$$PSNEXT(f) \approx (44 + m) - 15 \log f \tag{4}$$

где m — коэффициент, зависящий от категории DSL-кабеля. Для категории 1 (30 МГц) $m = 0$ дБ, $N_r(1) = N_r(30) = 44$ дБ; для категории 2 (60 МГц) $m = 8$ дБ, $N_r(1) = N_r(60) = 52$ дБ; для категории 3 (100 МГц) $m = 18$ дБ, $N_r(1) = N_r(100) = 62$ дБ.

В строительной длине DSL-кабелей распределение PSNEXT между парами внутри главных E - и D -секторов (т.е. между парами в сердечнике кабеля) сильнее всего зависит от распределения PSNEXT внутри группы A . Отступления в распределении PSNEXT внутри группы A проявляются и в распределении PSNEXT по всему сердечнику кабеля. Анализируя влияние распределения NEXT в группе $A = 5 \times 4$, можно констатировать, что самый низкий уровень у распределения между парами внутри звездной четверки (диагональ «шахматного поля» — 10×10) и именно оно наиболее сильно влияет на PSNEXT внутри группы A . А чтобы операторы связи, построившие пары со звездными четверками, могли в массовом порядке применять системы xDSL и предлагать пакет услуг triple play, кабельный сердечник должен иметь идеальную звездную четверку и качественную группу A или уравновешен-

Таблица 3

<i>d</i> , мм	0,4			0,5			0,6		
<i>F</i> , МГц	30	60	100	30	60	100	30	60	100
<i>k</i> ₁	22,31			19,67			17,97		
<i>k</i> ₂	0,25			0,23			0,21		
<i>k</i> ₃	0,55			0,5			0,46		
<i>G</i> , дБ/декаду	15								
<i>N_r</i> (1 МГц)	44	52	62	44	52	62	44	52	62
<i>f_r</i> , МГц	2,68519	3,61716	5,0204	3,228637	4,374574	6,106327	3,684111	5,014092	7,02999

вать электромагнитный мост между парами каждой звездной четверки.

Референтная частота для строительной длины многопарных DSL-кабелей связи (*f_r*) в пересчете на 1 км представляет собой проекцию точек пересечения частотных зависимостей *Attn* и *PSNEXT* на ось абсцисс и рассчитывается по формуле *Attn(f) = PSNEXT(f)* методом решения трансцендентного уравнения в соответствии с конкретными цифровыми данными:

$$k_1\sqrt{f} + k_2f + \frac{k_3}{\sqrt{f}} = N_r(1) - G \log f. \quad (5)$$

Для всех трех категорий DSL-кабелей длиной 1 км с диаметрами жил 0,4; 0,5 и 0,6 мм и сплошной ПЭ-оболочкой (*C_n* = 50—55 нФ/км) референтная частота *f_r* приведена в табл. 3.

Как видно из табл. 3, минимальную *f_r* (2,68519 МГц) имеют DSL-кабели категории 1 (30 МГц; 0,4 мм), а максимальную *f_r* (7,02999 МГц) — DSL-кабели категории 3 (100 МГц; 0,6 мм).

Площадь референтного треугольника *A-N_r-T_r* (критерий Шцепановича). Частотные характеристики DSL-кабелей: *maxAttn* длиной 1 км с диаметром жил 0,4; 0,5 и 0,6 мм, сплошной ПЭ-оболочкой и *PSNEXT* для многопарных DSL-кабелей категорий 1, 2 и 3 (30, 60 и 100 МГц; отвечает требованиям стандарта IEC 62255) — показаны на рис. 3.

Нетрудно заметить, что точки пересечения частотного распределения *Attn* и *PSNEXT* и точки, определяющие *Attn* и *PSNEXT* на 1 МГц, образуют референтный треугольник *A-N_r-T_r*, площадью

$$Pr = \left[\int_1^{f_r} [N_r(1) - G \log f] df - \int_1^{f_r} \left(k_1\sqrt{f} + k_2f + \frac{k_3}{\sqrt{f}} \right) df \right]. \quad (6)$$

Приблизительно одинаковые площади имеют референтные треугольники со сторонами:

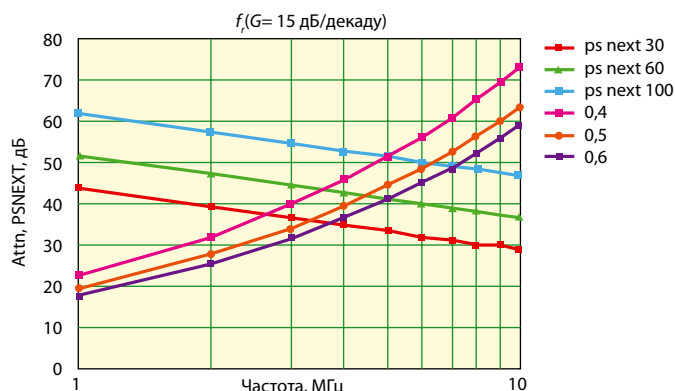


Рис. 3

N(30) для *A*(0,6)/*N*(30) для *A*(0,6) / или *N*(60) для *A*(0,4)/*N*(60) для *A*(0,4)/

и

N(60) для *A*(0,6)/*N*(60) для *A*(0,6) / или *N*(100) для *A*(0,4)/*N*(100) для *A*(0,4)/.

Проекцией точки пересечения *T_r* на абсциссу определяют *f_r* для DSL-кабеля.

Проанализировав референтные треугольники *A-N_r-T_r*, можно сделать вывод, что одинаковую *f_r* имеют DSL-кабели категории 1 (30 МГц) с диаметром жил 0,6 мм и категории 2 (60 МГц; 0,4 мм), а также DSL-кабели категории 2 (60 МГц; 0,6 мм) и категории 3 (100 МГц; 0,4 мм).

Для трех категорий DSL-кабелей (30, 60 и 100 МГц) площади референтных треугольников (цепей длиной 1 км) зависят от распределения *Attn* и *PSNEXT* в кабельном сердечнике в диапазоне частот 1...10 МГц.

Наименьшие *P_r* и *f_r* имеют DSL-кабели категории 1 (30 МГц) с диаметром жил 0,4 мм, а наибольшие — категории 3 (100 МГц) с диаметром жил 0,6 мм (рис. 4). Как видно

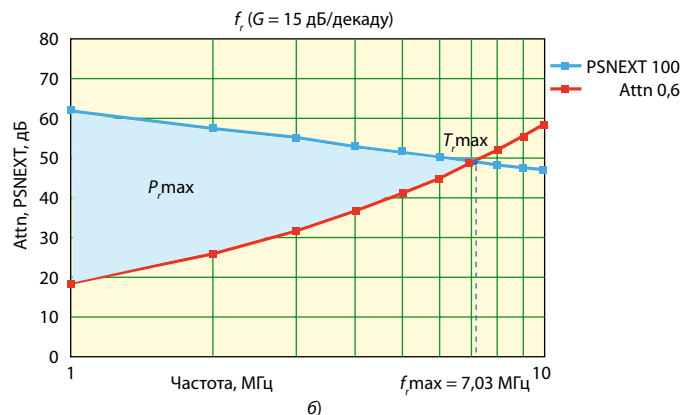
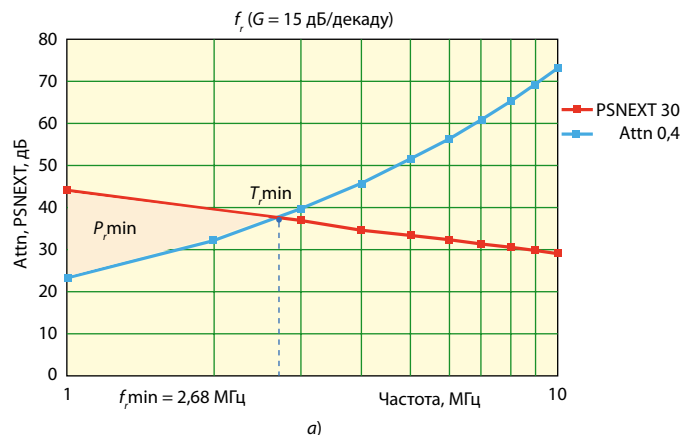


Рис. 4

из рисунка, $P_{min}:T_{min} = A(0,4) = N_r(30)$, $f_{min} = 2,68519$ МГц (рис. 4, а) и $P_{max}:T_{max} = A(0,6) = N_r(100)$, $f_{max} = 7,02999$ МГц (рис. 4, б).

Если в диапазоне частот 1...10 МГц трансляторно уменьшается не только частотное распределение PSNEXT, но и Attn, то референтный треугольник трансляторно сдвигается вдоль ординаты к координатному началу, однако его площадь и проекция точки пересечения T_r на ось абсциссы остаются неизменными. Таким образом, f_r не изменяется, что весьма важно для производителей DSL-кабелей и операторов сетей широкополосного доступа.

Реальная эксплуатационная частота многопарных DSL-кабелей представляет собой проекцию точек пересечения частотных зависимостей Attn и (PSNEXT-PSACR) на ось абсцисс. Скорость передачи данных в абонентских цепях зависит от реальной эксплуатационной частоты (f_e) симметричных пар, определяемой соотношением сигнал/суммарное взаимное влияние между цепями на ближнем конце плюс шум (PSACR) и рассчитываемой с помощью трансцендентного уравнения в соответствии с конкретными цифровыми данными стандартным методом:

$$PSACR = N_r(1) - G \log f - \left(k_1 \sqrt{f} + k_2 f + \frac{k_3}{\sqrt{f}} \right). \quad (7)$$

В сетях широкополосного доступа для линий длиной 1 км, построенных на основе DSL-кабеля категорий 1, 2 и 3 в соответствии со стандартом IEC 62255, с известным частотным распределением функций передачи (Attn для кабеля с диаметром жил 0,4; 0,5 и 0,6 мм и PSNEXT), значения f_e , рассчитанные для PSACR = 6 дБ, приведены в табл. 4. Наибольшую f_e (5,772714 МГц) имеют DSL-кабели категории 3 (100 МГц) с диаметром жил 0,6 мм.

С высокой точностью f_e симметричных многопарных DSL-кабелей можно рассчитать и в случае, если функция распределения Attn будет представлена линейной функцией через точки сечения, которые определяют референтную и реальную эксплуатационную частоту в сети и в которых PSNEXT = Attn и PSNEXT - PSACR = Attn.

Наименьшая погрешность вследствие аппроксимации определяется при

$$\lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left[\int_{f_e}^{f_r} \left(k_1 \sqrt{f} + k_2 f + \frac{k_3}{\sqrt{f}} \right) df - \int_{f_e}^{f_r} (A + B \ln f) df \right] \rightarrow 0$$

или

$$\lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left[\int_{f_e}^{f_r} k_1 \sqrt{f} df - \int_{f_e}^{f_r} (A + B \ln f) df \right] \rightarrow 0.$$

Таблица 4

d , мм	0,4			0,5			0,6		
F , МГц	30	60	100	30	60	100	30	60	100
k_1	22,31			19,67			17,97		
k_2	0,25			0,23			0,21		
k_3	0,55			0,5			0,46		
G , дБ/декаду	15*								
$N_r(1) - 6$ дБ	38	46	56	38	46	56	38	46	56
f_e , МГц	2,09379	2,90261	4,14627	2,504302	3,495558	5,026847	2,846076	3,993513	5,772714

* В зависимости от конструкции сердечника кабеля значение G может отклоняться от 15 дБ/декаду.

Частотную характеристику затухания симметричной пары DSL-кабелей (1) в диапазоне частот ($\Delta f = f_r - f_e$) можно записать в виде гиперболической $k_1 \sqrt{f}$ или линейной функции $a f \approx A + B \log f$.

В результате возникает погрешность Δ , пропорциональная разнице площадей, определяемых через интеграл:

$$\Delta = \int_{f_e}^{f_r} k_1 \sqrt{f} df - \int_{f_e}^{f_r} (A + B \ln f) df,$$

где A — Attn (1 км) на 1 МГц; B — частотное распределение Attn (1 км) на элементарном участке частотного диапазона $\Delta f = f_r - f_e$.

В реальных условиях эксплуатационная частота цифровой абонентской линии зависит от девиации Attn и PSNEXT в диапазоне частот до 10^7 Гц.

Площадь эксплуатационного треугольника $A-N_e-T_e$ (критерий Шчепановича). Ограничения по полосе частот и длине цифровой абонентской линии определяются отношениями мощности:

- сигнал/шум (Signal to Noise Ratio — SNR);
- сигнал/помеха (суммарное взаимное влияние между цепями на ближнем конце плюс шум — Power Sum Attenuation Crosstalk Ratio, PSACR).

Допустимое значение SNR в диапазоне до f_e для каждой системы xDSL определяется затуханием цепей и спектральной структурой помех. В сетях широкополосного доступа, построенных на основе DSL-кабелей со статическим Al-PE-экраном, незначительные помехи в цепях являются следствием влияния между парами на ближнем и дальнем концах. Когда сеть построена на кабелях, в которых поверх каждой пары алюминиевая фольга и медный экран вокруг кабельного сердечника (кабель S/FTP), влияние PSFEXT на характеристики передачи пар в сети незначительно. Для расчета допустимой частоты f_e кабелей DSL вводится соотношение сигнал/суммарное среднее квадратическое значение переходного влияния на ближнем конце плюс помеха: PSACR > PSFEXT - maxAttn. В начале n -й пары, подверженной влиянию, PSNEXT в многопарном кабельном сердечнике зависит от значения NEXT между этой парой и $(n-1)$ активными влияющими парами. В сетях длиной 1 км, построенных на основе многопарных DSL-кабелей с известным распределением функций передачи (Attn для 0,4; 0,5 и 0,6 мм и PSNEXT), расчетные значения реальной эксплуатационной частоты для PSACR = 6 дБ показаны на рис. 5.

Точки сечения T_e (частотные распределения Attn и (PSNEXT-PSACR)) и точки, определяющие Attn

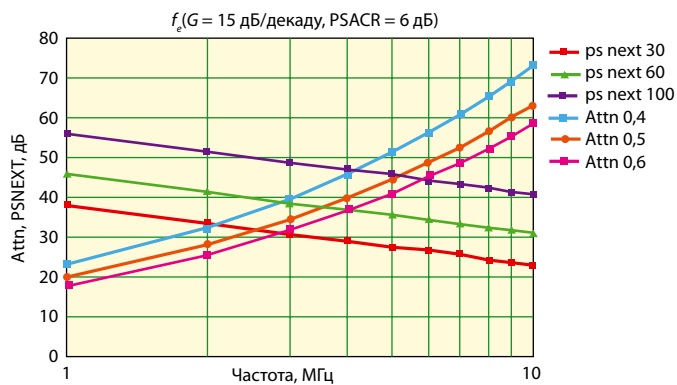


Рис. 5

и PSNEXT (1 МГц), образуют эксплуатационный треугольник $A-N_e-T_e$ площадью

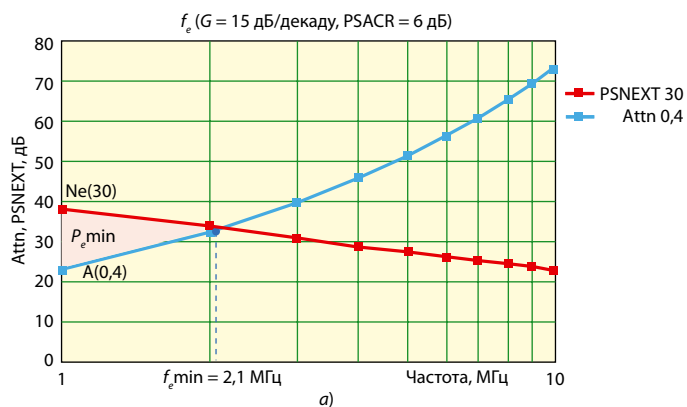
$$Pe = \left[\int_1^{f_e} [Nr(1) - G \log f - PSACR] df - \int_1^{f_e} \left(k_1 \sqrt{f} + k_2 f + \frac{k_3}{\sqrt{f}} \right) df \right]. \quad (8)$$

Для трех категорий DSL-кабелей длиной 1 км с диаметрами жил 0,4; 0,5 и 0,6 мм и сплошной полиэтиленовой изоляцией площади эксплуатационных треугольников $A-N_e(1)-T_e$ зависят от Attn, PSNEXT и PSACR ($N_e(1) = N_r(1) - 6$ дБ). Наименьшую f_e (2,09379 МГц) имеют DSL-кабели категории 1 (0,4 мм) (рис. 6, а), а наибольшую (5,772714 МГц) — категории 3 (0,6 мм) (рис. 6, б). Для планируемой системы xDSL (известное значение PSACR) по распределению частот Attn и (PSNEXT-PSACR) по проекции точки E на абсциссу можно определить f_e широкополосной сети доступа. Это говорит о том, что для выбранной системы xDSL частоту f_e в сетях ШПД можно увеличить за счет выбора DSL-кабеля категории 2 и 3 или снижения распределения частот Attn (кабель с диаметром жил 0,6 мм и пористо-сплошной полиэтиленовой изоляцией, $C_n \leq 38$ нФ/км).

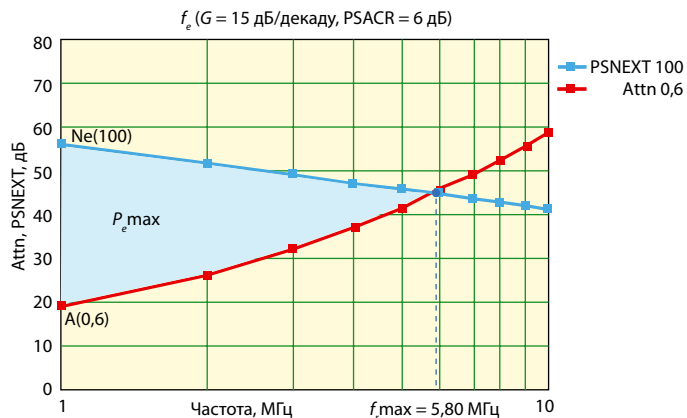
Неоднородность конструктивных элементов группы A или E - и D -секторов снижает уровень распределения частот PSNEXT и PSFEXT в кабеле. В этом случае большей эксплуатационной частоты можно добиться сокращением Attn и выбором системы xDSL, которая требует PSACR менее 6 дБ. Так же как и для f_c и f_e , они не меняют своего значения, если реальный эксплуатационный треугольник трансляторно сдвигается вниз по ординате, но сохраняет свою площадь. Это означает, что если невозможно достичь нормированного значения PSNEXT для кабелей DSL категории 3 (62 дБ на 1 МГц), например 52 дБ на 1 МГц (DSL-кабель категории 2), то сокращением Attn (IEC 62255) можно получить ту же площадь эксплуатационного треугольника, а тем самым и f_e , характерную для DSL-кабелей категории 3.

Если реальная эксплуатационная частота (площадь эксплуатационного треугольника) известна на 1 км сети, ее можно рассчитать и для всех длин абонентской петли, меньших или больших 1 км. Очевидно, что в случае меньшей длины абонентской петли при сокращении Attn увеличивается площадь эксплуатационного треугольника, а значит, и реальная эксплуатационная частота абонентской петли.

Оптимизация сетей с многопарными кабелями связи. Сканированием кабельного сердечника для широкополосного доступа в многопарном сердечнике емкостью n цепей



а)



б)

Рис. 6

анализируется суммарная мощность одновременного влияния $(n-1)$ активных влияющих цепей на ближнем конце n -й цепи, подверженной влиянию (PSNEXT). Физические характеристики пары выражаются в PSNEXT и PSFEXT в рассматриваемом частотном диапазоне, причем для планирования сети операторы берут самые низкие значения распределения для PSNEXT и PSFEXT. А так как в процессе эксплуатации ШПД-сетей не все пары одновременно активны, то и уровень влияния между ними (PSNEXT и PSFEXT) непостоянен. Степень влияния зависит от вида и числа систем xDSL (линейный код работающей в данный момент системы), уровня и спектральной структуры сигнала, от внешних систем, создающих помехи и т. д. Временная стабильность релевантных для передачи параметров Attn, PSNEXT и соотношение сигнал/суммарное взаимное влияние между цепями на дальнем конце плюс шум ($PSSELFEXT$) влияют на стабильность реальных эксплуатационных частот пар, т. е. на скорость передачи данных до абонентской петли.

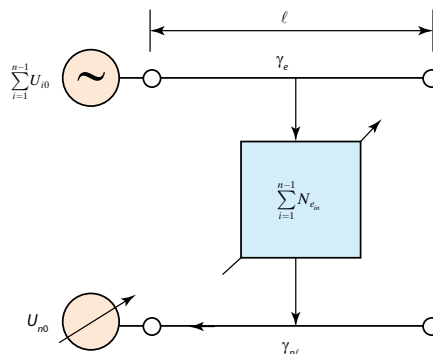


Рис. 7

Пульсирование частотной зависимости PSNEXT внутри группы А, т. е. секторов Е и D (временная нестабильность комплексной функции передачи эквивалентного фиктивного четвернополюсника на ближнем конце, показанная на рис. 7), имеет доминантное влияние на временную стабильность эксплуатационной частоты пар, т. е. на максимальную бинарную передачу в абонентских петлях.

На ширину реальной эксплуатационной частоты кабелей и сетей можно воздействовать сокращением Attn (выбором диаметра жилы и типа ее изоляции) и увеличением PSNEXT (выбором шага скрутки пар, конструкции, группы А и шагов ее скрутки при образовании секторов Е и D). В первом случае речь идет о рациональном решении путем выбора кабелей с диаметром жил 0,4 мм, которые вдвое дешевле кабелей той же конструкции, но с диаметром жил 0,6 мм. Второй вариант подразумевает увеличение NEXT (вложенного профессионального опыта конструкторов кабелей категорий 2 и 3).

Строительство ШПД-сетей на основе многопарных кабелей связи можно оптимизировать двумя способами:

- выбором DSL-кабелей категории 2 (60 МГц) и 3 (100 МГц) с диаметром жил 0,4 (0,5) мм и пористо-сплошной ПЭ-изоляции, $C_n \leq 38$ нФ/км, с секторным сердечником и парами конструкции группы А: $3 \times 2 + 3 \times 2 + 4 \times 2$ (см. рис. 1); секторов D: $(3 + 7) \times (10 \times 2)$ (см. рис. 2, б). Конструктивно-технологический метод защиты сердечника от влаги служит предпосылкой временной стабильности Attn. Достижение нормированных характеристик передачи в кабелях DSL требует высокой технологической дисциплины в процессе производства. Монтаж пары следует вести без раскрутки, а кабельные модули (10 × 2) должны быть предусмотрены для эксплуатации до 100 МГц;

- поскольку помехи возникают в основном из-за влияния между парами в кабельном сердечнике, то во время эксплуатации сети важно адаптировать спектр передачи меняющейся функции к частотной зависимости помех в парах (прежде всего влияния PSNEXT). Методология SSM позволяет реализовать неиспользуемый спектр для увеличения скорости передачи цифровых данных через кабельный сердечник. Для достижения оптимальной скорости передачи данных в настоящее время используется теория DSM — Dynamic Spectrum Management (уровень 1, 2 и 3), основанная на различных алгоритмах (сценариях), с помощью которых обеспечивается динамическое управление спектром сигнала. В принципе ведется снижение влияния за счет приспособления спектра передачи к зависимой от времени функции влияния между парами (прежде всего PSNEXT).

Заключение. В процессе эксплуатации сетей доступа (point-to-multipoint) пульсация распределения PSNEXT отражается на площади эксплуатационного треугольника и, следовательно, на реальной эксплуатационной частоте пары в абонентской петле. При сканировании референтной длины кабельного сердечника в 1 км следует обратить внимание на частотное распределение PSNEXT и Attn (1...10 МГц). Для определения качества строительной длины многопарных кабелей автор предлагает использовать площадь референтного треугольника, от которого зависит референтная частота кабельного сердечника. Реальная эксплуатационная частота цифровой абонентской линии, т. е. скорость передачи данных в абонентской петле, зависит от площади эксплуатационного треугольника.

Получено после доработки 25.03.10

УДК 621.396

КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ ДЛЯ СИММЕТРИЧНЫХ ВЧ-КАБЕЛЕЙ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ ГРУППАМИ

А. Н. Сергеев, старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций (СПбГУТ)

им. проф. М. А. Бонч-Бруевича; a56a@bk.ru

С. С. Шевченко, аспирант СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Ключевые слова: цифровая система передачи, электромагнитное влияние, аксиальная составляющая электромагнитного поля, тангенциальная составляющая электромагнитного поля, осевая составляющая электромагнитного поля, помехозащищенность, коэффициент экранирования, частотные зависимости.

Введение. Решающее значение для использования симметричных кабелей связи в широком спектре частот имеет помехозащищенность цепей от взаимных электромагнитных влияний (ЭМВ), причиной возникновения которых является поперечное электромагнитное поле (ЭМП). Для аналоговых и цифровых систем передачи (ЦСП) именно взаимные влияния между цепями кабельных линий и определяют возможное число передаваемых по ним каналов. Качество весьма распространенной в настоящее время технологии ADSL так-

же во многом зависит от технических параметров абонентского кабеля и физических процессов между кабельными цепями. Измерения параметров абонентских пар — это более 50% всех эксплуатационных измерений на начальных этапах внедрения ADSL.

Симметричные кабели для ЦСП можно условно разделить на две группы: высокочастотные симметричные кабели; симметричные кабели с экранированными группами.

Оценке переходных влияний в кабелях с экранированными группами уделяется значительно меньше внимания, чем взаимным влияниям в симметричных кабелях с неэкранированными группами. Вопросы теории взаимных влияний в основном рассматриваются для идеальных конструкций экранов, поэтому емкостная связь между цепями, обусловленная электрическим полем, при оценке не учитывается.