

Проектирование сети связи на базе медных и волоконно-оптических линий связи

Студент 539 гр.
Хижняк Александр Сергеевич

Руководитель курсового проекта
канд. техн. наук, ст. преп. каф. 504
Абрамова Виктория Валерьевна

Актуальность работы

В современном мире Интернет везде и всюду. Сейчас, интернет не только в каждом доме, но даже у каждого в руках. Ноутбуки, компьютеры, планшеты, смартфоны и так далее. В данный момент наверное не существует более быстрого и удобного средства для поиска нужной информации чем интернет. Wi-Fi роутер стоит в каждом доме, в каждом офисе, в кафе, и даже на улице. Но зачем тогда нужны все эти километры кабелей и линий передач, если информацию можно свободно передавать по воздуху? Дело в том, что применение Wi-Fi модулей эффективно только на очень малых расстояниях, а применение спутниковых систем требует дорогостоящего и зачастую объемного оборудования. Именно по этой причине основным перспективным направлением передачи больших объемов информации является проектирование систем связи на базе медных и опто-волоконных кабелях связи.



Район проектирования

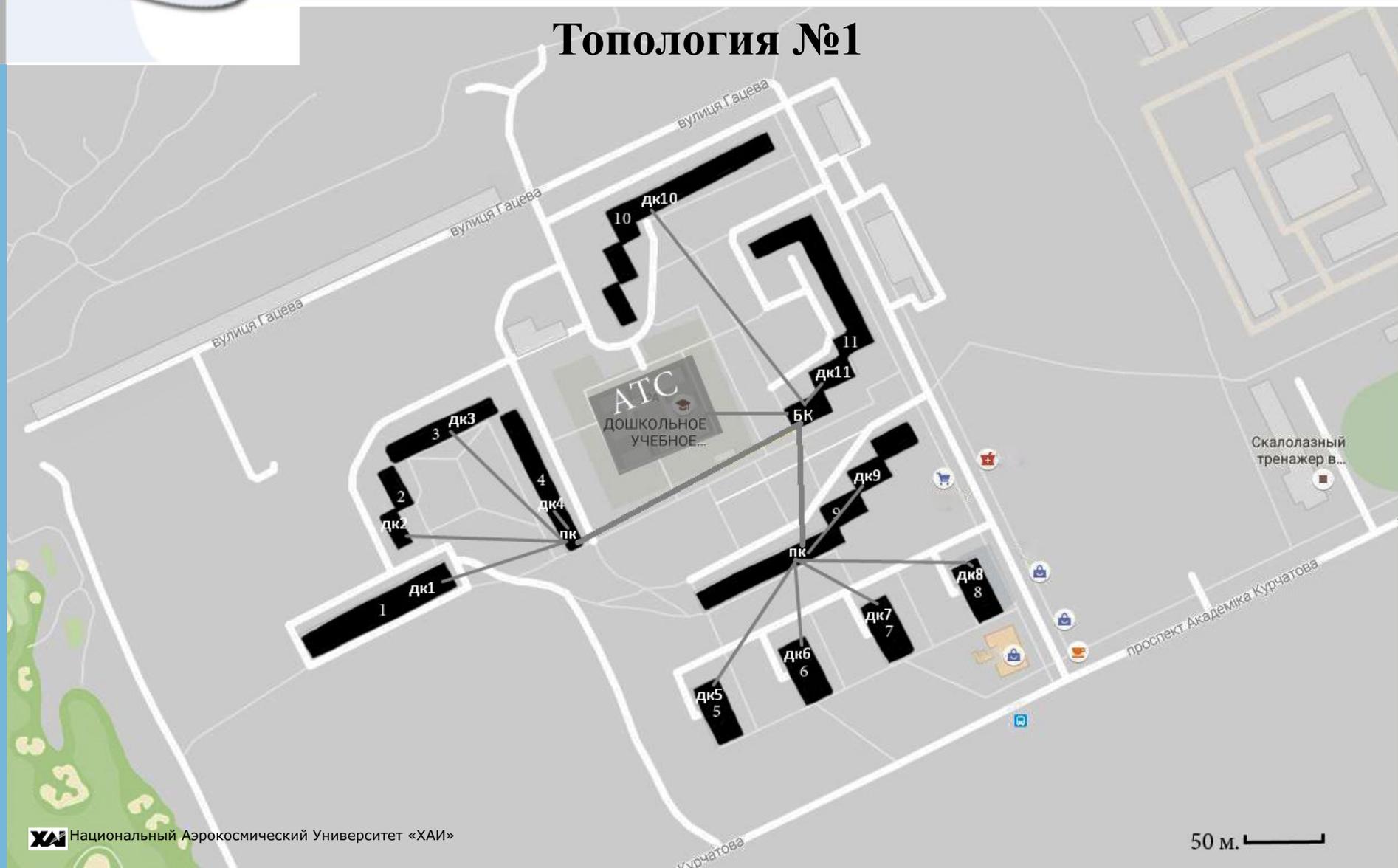
Для разработки сети связи был выбран следующий участок: пос. Пятихатки, Киевский р-н, Харьков, Украина. Район проектирования ограничен просп. Академика Курчатова (4, 6, 8, 10, 12, 28) и ул. Гацева (1, 7, 7А, 7Б).



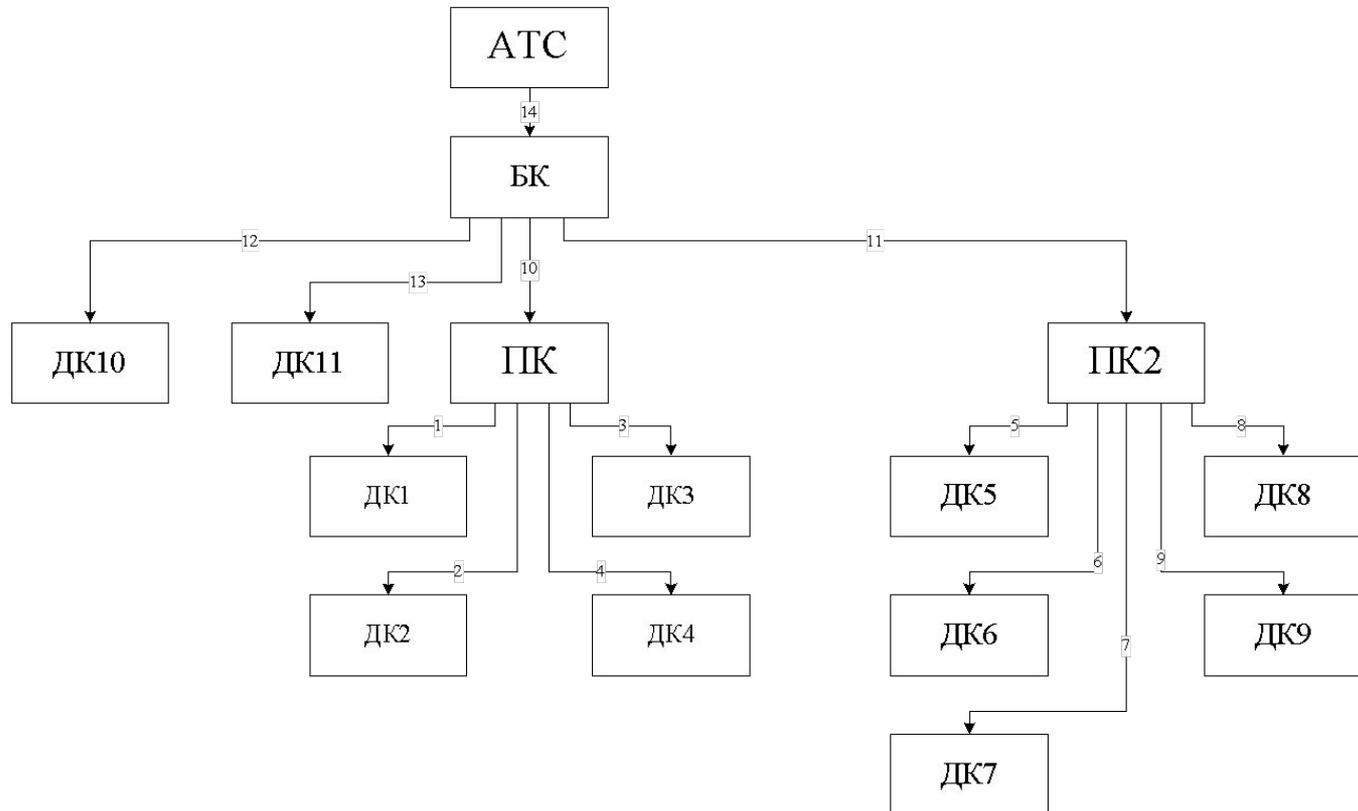
Характеристика объектов проектируемой сети

№	Адрес	Кол-во этажей	Кол-во подъездов	Кол-во квартир в доме
1	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 28	9	4	144
2	г. Харьков, ул. Гацева 7Б	9	4	144
3	г. Харьков, ул. Гацева 7А	9	4	144
4	г. Харьков, ул. Гацева 7	9	4	144
5	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 8А	9	2	72
6	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 8	9	2	72
7	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 6	9	2	72
8	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 4	9	2	72
9	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 10	9	7	252
10	г. Харьков, ул. Гацева 1	9	7	252
11	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 12	9	7	252
АТС	г. Харьков, пр. Академика Курчатова 12А	1	—	—
				Итого: 1620 кв.

Топология №1



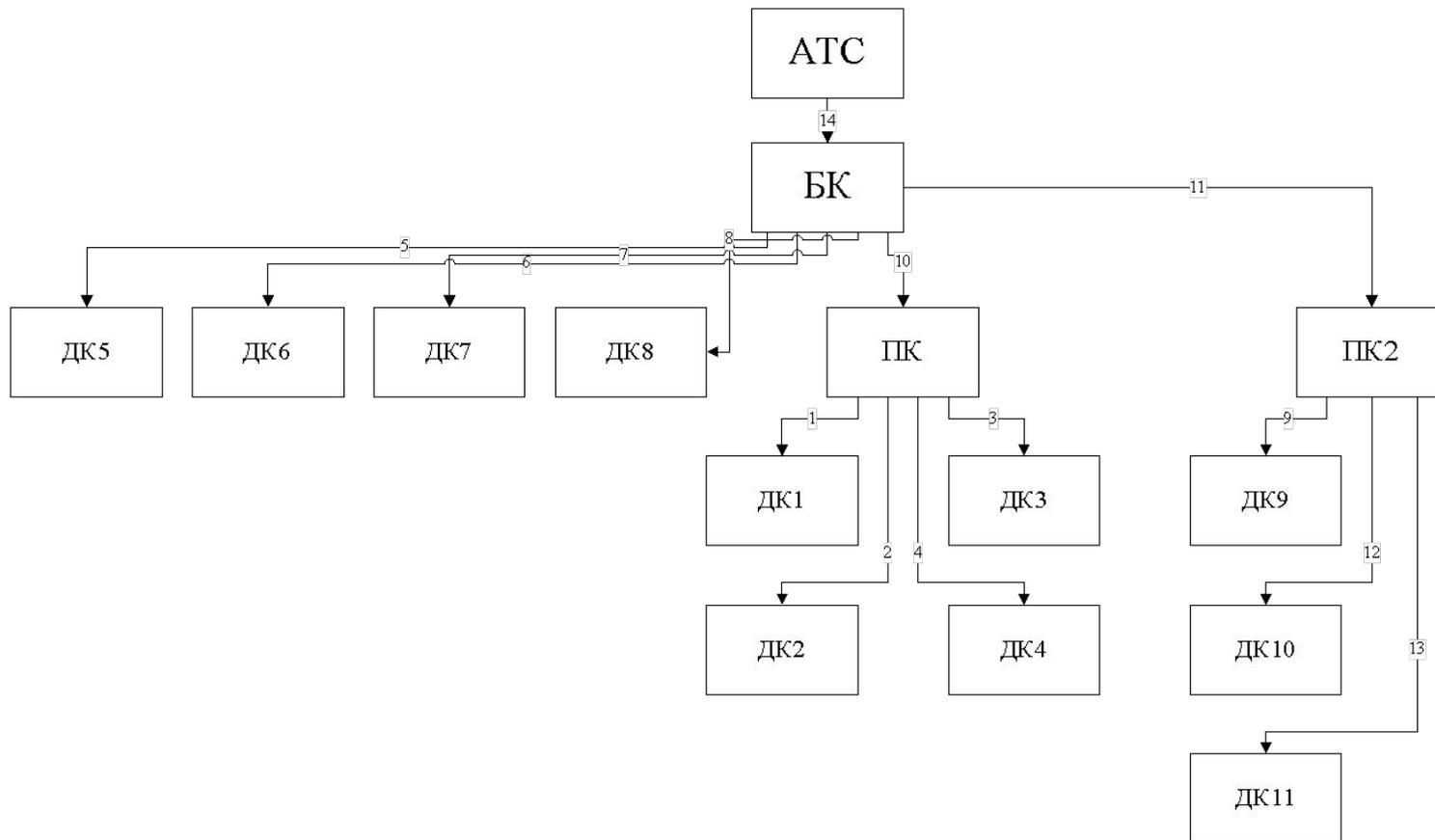
Логическое древо топологии №1



Топология №2



Логическое древо топологии №2



Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»



Таблица расчета параметров сети для топологии 1

$V_A=100$ Мбит/с - скорость абонента
 $V_{ДК}=K_A * \Sigma V_A$ - скорость на домовом коммутаторе
 $V_{ПК}=K_D * \Sigma V_{ДК}$ - скорость на промежуточном коммутаторе
 $V_{БК}=K_{П1} * \Sigma V_{ПК} + K_D * \Sigma V_{Д}$ - скорость на базовом коммутаторе
 $K_A=0,2$; $K_D=0,5$; $K_{П1}=0,8$.

$V_{ДК1}$	$0,2 \cdot 144 \cdot 100$	2880
$V_{ДК2}$	$0,2 \cdot 144 \cdot 100$	2880
$V_{ДК3}$	$0,2 \cdot 144 \cdot 100$	2880
$V_{ДК4}$	$0,2 \cdot 144 \cdot 100$	2880
$V_{ДК5}$	$0,2 \cdot 72 \cdot 100$	1440
$V_{ДК6}$	$0,2 \cdot 72 \cdot 100$	1440
$V_{ДК7}$	$0,2 \cdot 72 \cdot 100$	1440
$V_{ДК8}$	$0,2 \cdot 72 \cdot 100$	1440
$V_{ДК9}$	$0,2 \cdot 252 \cdot 100$	5040
$V_{ДК10}$	$0,2 \cdot 252 \cdot 100$	5040
$V_{ДК11}$	$0,2 \cdot 252 \cdot 100$	5040
$V_{ПК}$	$0,5 \cdot (DK_1 + DK_2 + DK_3 + DK_4) = 0,5 \cdot 11520$	5760
$V_{ПК2}$	$0,5 \cdot (DK_5 + DK_6 + DK_7 + DK_8 + DK_9) = 0,5 \cdot 10800$	5400
$V_{БК}$	$0,8 \cdot (ПК_1 + ПК_2) + 0,5 \cdot (DK_{10} + DK_{11})$	13968

Таблица расчета параметров сети для топологии 2

$V_A=100$ Мбит/с - скорость абонента
 $V_{ДК}=K_A * \Sigma V_A$ - скорость на домовом коммутаторе
 $V_{ПК}=K_D * \Sigma V_{ДК}$ - скорость на промежуточном коммутаторе
 $V_{БК}=K_{П1} * \Sigma V_{ПК} + K_D * \Sigma V_{Д}$ - скорость на базовом коммутаторе
 $K_A=0,2$; $K_D=0,5$; $K_{П1}=0,8$.

$V_{ДК1}$	не суммируем	2880
$V_{ДК2}$	— " —	2880
$V_{ДК3}$	— " —	2880
$V_{ДК4}$	— " —	2880
$V_{ДК5}$	— " —	1440
$V_{ДК6}$	— " —	1440
$V_{ДК7}$	— " —	1440
$V_{ДК8}$	— " —	1440
$V_{ДК9}$	— " —	5040
$V_{ДК10}$	— " —	5040
$V_{ДК11}$	— " —	5040
$V_{ПК}$	не суммируем	5760
$V_{ПК2}$	$0,5 \cdot (DK_9 + DK_{10} + DK_{11})$	7560
$V_{БК}$	$0,8 \cdot (ПК_1 + ПК_2) + 0,5 \cdot (DK_5 + DK_6 + DK_7 + DK_8)$	13536



Расчет требуемых скоростей передачи данных для рассматриваемых линий связи производился в соответствии со следующими формулами:

– на выходе домового коммутатора: $V_{Д} = K_{А} \sum_i V_{А_i}$

– на выходе промежуточного коммутатора: $V_{П} = K_{Д} \sum_j V_{Д_j}$

– на выходе базового коммутатора: $V_{Б} = K_{П} \sum_k V_{П_k} + K_{Д} \sum_l V_{Д_l}$

На основе полученных по формулам данных можно рассчитать параметры линий связи для каждой из топологий.

Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»



Параметры линий
для топологии №1

$$BL_{\Sigma} = 5\,485\,482$$

№		L, м	B, Мбит/с	BL
1	ДК1-ПК	95,75	2880	275760
2	ДК2-ПК	114	2880	328320
3	ДК3-ПК	105	2880	302400
4	ДК4-ПК	5	2880	14400
5	ДК5-ПК2	120	1440	172800
6	ДК6-ПК2	68,9	1440	99216
7	ДК7-ПК2	67,1	1440	96624
8	ДК8-ПК2	111	1440	159840
9	ДК9-ПК2	5	5040	25200
10	ПК-БК	175,5	5760	1010880
11	ПК2-БК	94,45	7560	714042
12	ДК10-БК	180	5040	907200
13	ДК11-БК	5	5040	25200
14	БК-АТС	100	13536	1353600
				5 485 482



Параметры линий
для топологии №2

$$BL_{\Sigma} = 6\ 093\ 360$$

№		L, м	B, Мбит/с	BL
1	ДК1-ПК	95,75	2880	275760
2	ДК2-ПК	114	2880	328320
3	ДК3-ПК	105	2880	302400
4	ДК4-ПК	5	2880	14400
5	ДК5-БК	120	1440	172800
6	ДК6-БК	63	1440	90720
7	ДК7-БК	80	1440	115200
8	ДК8-БК	132,6	1440	190944
9	ДК9-ПК2	61,4	5040	309456
10	ПК-БК	145,4	5760	837504
11	ПК2-БК	106	7560	801360
12	ДК10-ПК2	180,6	5040	910224
13	ДК11-ПК2	5	5040	25200
14	БК-АТС	127	13536	1719072
				6 093 360



Выбор типа линии связи

После того, как был определен вариант топологии проектируемой сети, необходимо выбрать тип кабеля, на базе которого будут реализованы линии связи.

В современных телекоммуникационных системах, в основном, используются две разновидности кабелей: витая пара и оптоволоконные кабели.

Оптоволоконные линии передачи сейчас широко используются в различных отраслях. Они отличаются высокой надежностью, очень высокой скоростью передачи информации и помехозащищенностью, но их монтаж занимает много времени, а так же сложен в технологическом смысле.

Витая пара один из самых дешевых типов кабелей. Он прост в изготовлении, не требует особых технических и трудозатратных приспособлений для монтажа. Однако, существует ряд факторов, когда витая пара не является реализуемой по тем или иным причинам.

Для проверки реализуемости линии связи на базе витой пары необходимо рассчитать параметры защищенности на ближнем и дальнем концах линии:

$$PS-ACR(L, f) = -20 \lg \left(10^{-\frac{A_0 - 15 \lg(f)}{20}} + n \cdot 10^{-\frac{A_{C_0} - k \lg(f)}{20}} \right) - \frac{L}{100} \left(B_0 \sqrt{f} + B_1 f + \frac{B_2}{\sqrt{f}} \right) - 0,02 \cdot m \sqrt{f}$$

$$PS-ELFEXT(L, f) = -20 \lg \left(10^{-\frac{C_0 - 20 \lg(f)}{20}} + m \cdot 10^{-\frac{C_C - k \lg(f)}{20}} \right) - 10 \lg \left(\frac{L}{100} \right)$$

где L – длина линии в метрах;

f – частота информационного сигнала в МГц; ,

B – необходимая скорость передачи в Мбит/с;

$A_0, A_{C_0}, C_0, C_C, B_0, B_1, B_2, k$ – параметры витой пары;

n – количество разъемов в линии, на которых создается переходная помеха на ближнем конце,

m – количество разъемов в линии, на которых создается переходная помеха на дальнем конце.

Критерием реализуемости является одновременное выполнение условий

$$PS-ACR(L, f) > 0 \text{ и } PS-ELFEXT(L, f) > 0.$$



Исследуются три типа витой пары: 5е, 6 и 7 тип.

5е - 4 парный кабель, усовершенствованная категория 5. Скорость передачи данных до 1000 Мбит/с при использовании 4 пар. Кабель категории 5е является самым распространенным. Преимущества кабеля в дешевизне и малой толщине.

6 - неэкранированный кабель, состоящий из 4 пар проводников. Способен передавать данные на скорости до 10 Гбит/с на расстояние до 55 метров.

7 - кабель имеет общий экран, и экран вокруг каждой пары. Скорость передачи до 10 Гбит/с.

Защищенность - характеризует возможность выделения принимающим устройством полезного сигнала на фоне помех, распространяющихся в противоположном с ним направлении.

Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»

17



№		L, м	B, Мбит/с	PS-ACR			PS-ELFEXT			Реализуемость
				5e	6	7	5e	6	7	
1	ДК1-ПК	95,75	2880	-54	-38,5	-8,2	-2,5	3,2	27	-
2	ДК2-ПК	114	2880	-66	-49	-18,4	-3,3	2,5	26,3	-
3	ДК3-ПК	105	2880	-60	-44	-13,4	-2,9	2,8	26,6	-
4	ДК4-ПК	5	2880	6,5			10,2			+ (5e)
5	ДК5-ПК2	120	1440	-37,2	-22,9	4,67	2,4	8,3	31,2	+ (7)
6	ДК6-ПК2	68,9	1440	-14,6	-2,14	23,9	4,8	10,7	33,6	+ (7)
7	ДК7-ПК2	67,1	1440	-13,8	-1,41	24,6	5	10,86	33,8	+ (7)
8	ДК8-ПК2	111	1440	-33,3	-19,25	8,07	2,8	8,67	31,6	+ (7)
9	ДК9-ПК2	5	5040	0,0241			5,4			+ (5e)
10	ПК-БК	175,5	5760	-179	-150	-105	-11,2	-5,3	19,2	-
11	ПК2-БК	94,45	7560	-117	-94	-54	-10,8	-5,02	19,8	-
12	ДК10-БК	180	5040	-167	-139	-97	-10,1	-4,3	20,1	-
13	ДК11-БК	5	5040	0,0241			5,4			+ (5e)
14	БК-АТС	100	13536	-191	-157	-106	-16,2	-10,3	15,15	-

Реализуемость на 5ε



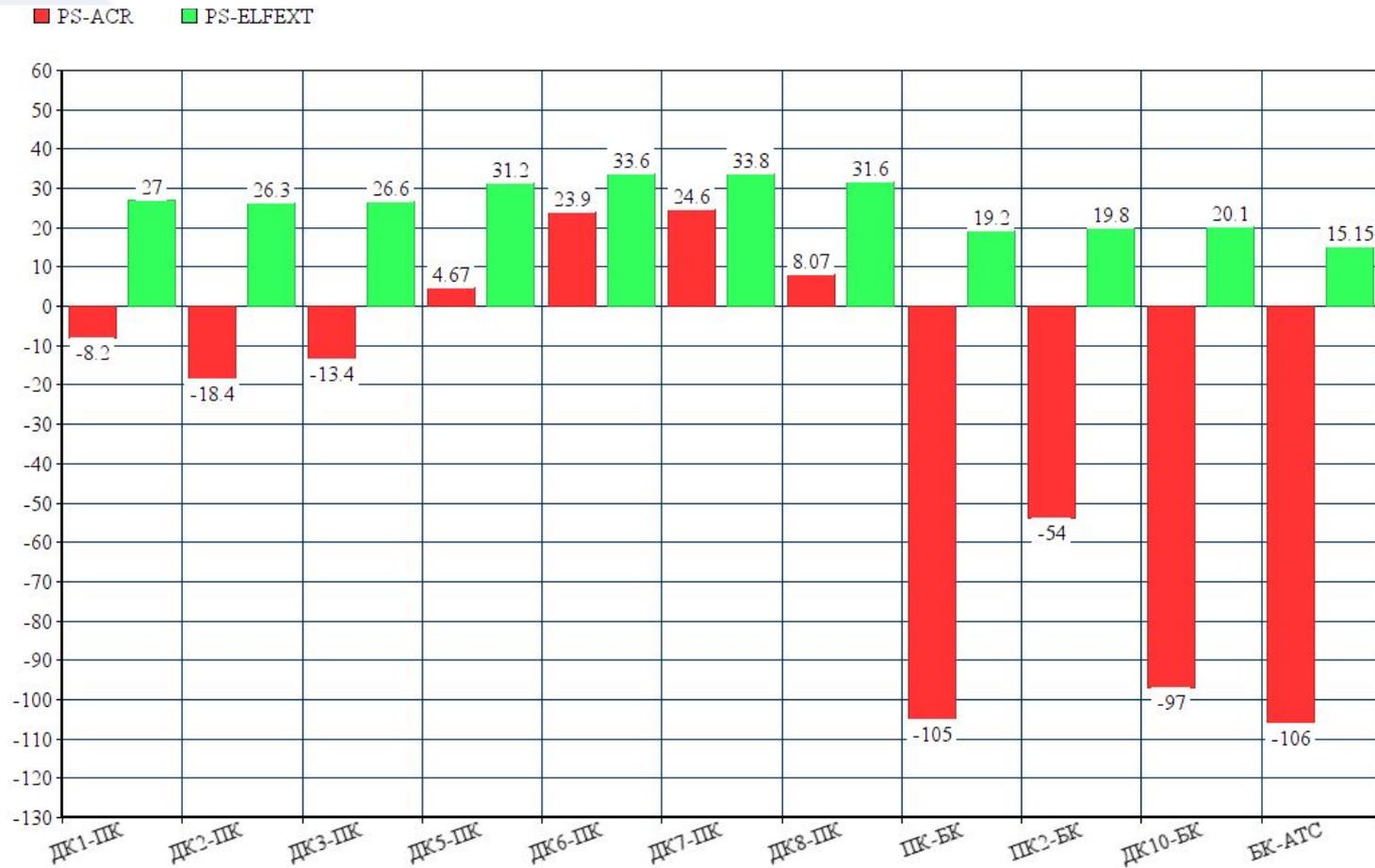
Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»

Реализуемость на 6



Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»

Реализуемость на 7





Оптическое волокно - нить из оптически прозрачного материала, используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения. Стекланные оптические волокна делаются из кварцевого стекла, но для дальнего инфракрасного диапазона могут использоваться другие материалы, такие как фторцирконат, фторалюминат и халькогенидные стекла.

Волоконно-оптический кабель - кабель на основе волоконных световодов, предназначенный для передачи оптических сигналов в линиях связи. Оптоволоконные кабели имеют ряд определенных достоинств и недостатков.

Достоинства:

- высокая скорость передачи
- малые потери
- высокая помехозащищенность
- малые размеры и масса

Недостатки:

- уменьшение полосы пропускания при воздействии ионизирующих излучений вследствие увеличения поглощения оптического излучения световедущей жилой.
- трудоемкость сварки и ослабление сигнала на месте сварного шва
- риск поражения сетчатки глаза световым излучением.



Проверка реализуемости линий связи на базе оптоволокна

Для проверки реализуемости линии связи на базе оптоволокна необходимо произвести такие расчеты:

- расчет дисперсии
- расчет хроматической дисперсии
- расчет энергетического бюджета

Исходя из расчетов можно будет сделать выводы: будет ли реализована линия передачи на оптоволоконном кабеле или нет. Для обеспечения реализуемости необходимо выполнение двух условий о которых будет сказано несколько позже.

Расчет дисперсии

При передаче сигналов по ВОЛС используются методы ИКМ, в результате чего передаваемая информация представляется в виде двоичных кодов - битов 1 и 0, причем 1 соответствует высокому уровню мощности, а 0 - низкому. Модулированный сигнал передается по ОВ импульсами с длительностью τ_0 и скоростью передачи V_0 бит/с. В процессе распространения вследствие дисперсии происходит «размывание» импульсов, т.е. увеличение их длительности.

Поляризационная модовая дисперсия рассчитывается из выражения:

$$\tau_{PMD} = D_{PMD} \sqrt{L}$$

где L - протяженность оптической линии связи (км), D_{PMD} - коэффициент PMD оптического волокна (пс/км^{1/2}).

$$D_{\max}(\lambda) = S_0(\lambda - \lambda_{0\min}^4 / \lambda^3) / 4,$$

Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»

24



Расчет хроматической дисперсии

Предельное значение коэффициента хроматической дисперсии с учетом диапазона длин волн нулевой дисперсии определяется выражением: $D_{\max}(\lambda) = S_0(\lambda - \lambda_{0\min}^4 / \lambda^3) / 4$, где: λ - длина волны несущей, нм; S_0 - наклон дисперсионной кривой, пс/нм²; $\lambda_{0\min}$ - длина волны нулевой дисперсии, нм.

Отсюда можно рассчитать значение хроматической дисперсии: $\tau_{\text{chr,max}}(\lambda) = D(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot L$

Результирующая дисперсия будет определяться из: $\tau_{\text{рез}} = \sqrt{\tau_{\text{chr}}^2 + \tau_{\text{PMD}}^2}$

Начальная длительность импульсов определяется из выражения: $\tau_0 = \frac{T_0}{4}$

Конечная длительность импульса: $\tau = \sqrt{\tau_0^2 + \tau_{\text{рез}}^2}$

Критерием реализуемости ВОЛС является выполнение условия, что максимальная величина уширения импульсов не должна превосходит половины ширины битового интервала, т.е.: $\tau \leq \frac{T_0}{2}$

Исходные данные для расчета

Рабочая длина волны: $\lambda = 1,55$ мкм;

Количество муфт (количество сростков): $n_{нс} = 0$;

Погонное затухание ОВ: $\alpha = 0,25$ дБ/км;

Количество разъемных соединений: $n_{рс} = 2$;

Потери на неразъемных соединениях (сростках): $A_{нс} = 0,05$ дБ;

Потери на разъемных соединениях: $A_{рс} = 0,2$ дБ;

Эксплуатационный запас для аппаратуры: $A_{эза} = 3$ дБ;

Эксплуатационный запас для кабеля: $A_{эзк} = 3$ дБ;

Мощность источника оптического излучения: $P_{вх} = -15$ дБм;

Чувствительность приемника: $P_{фпр} = -25$ дБм;

Длина волны нулевой дисперсии: $\lambda_0 = 1310$ нм;

Максимальная величина крутизны нулевой дисперсии: $S_0 = 0,092$ пс/(нм²·км);

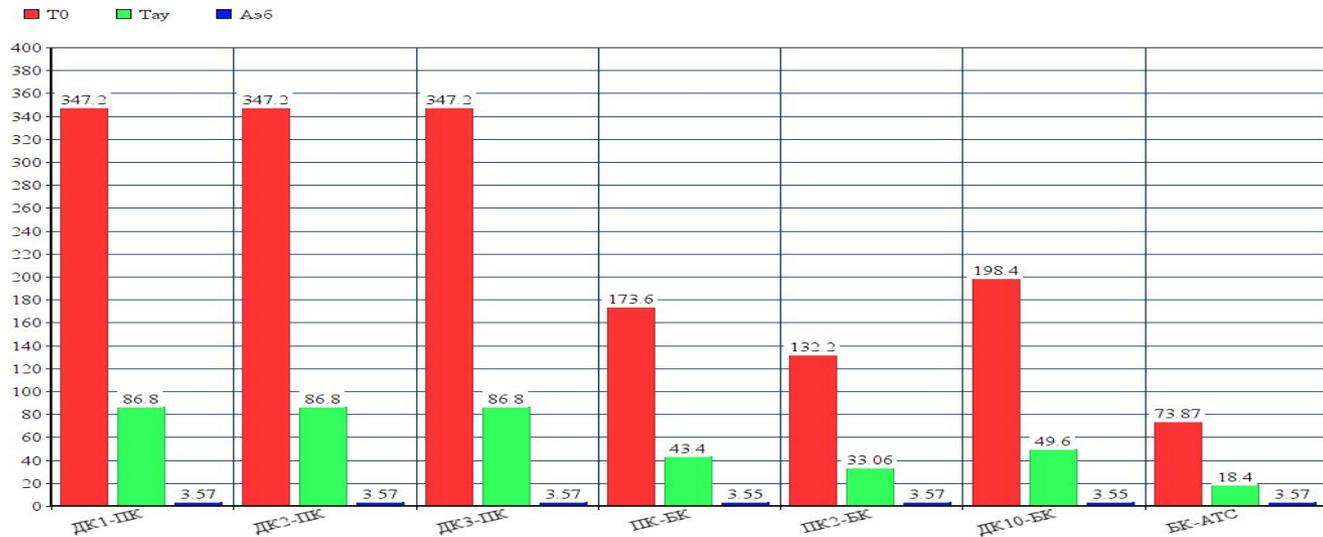
Максимальная ширина спектра излучения источника: $\Delta\lambda = 0,1$ нм;

Коэффициент поляризационной модовой дисперсии: $D_{PMD} = 0,5$ пс/км^{1/2}.

Курсовой проект по дисциплине «Линии передачи»

№	L	B	T_0	τ_0	τ_{chr}	τ_{pmd}	τ	$A_{\text{эб}}$	Реализуемость
1	95,75	2880	347,2	86,8	-0,1742	0,1547	86,8	3,5761	+
2	114	2880	347,2	86,8	-0,2074	0,1688	86,8	3,5715	+
3	105	2880	347,2	86,8	-0,191	0,162	86,8	3,5738	+
10	175,5	5760	173,6	43,4	-0,3192	0,2095	43,4	3,5561	+
11	94,45	7560	132,2	33,06	-0,1718	0,1537	33,06	3,5764	+
12	180	5040	198,4	49,6	-0,3274	0,2121	49,6	3,555	+
14	100	13536	73,87	18,4	-0,1819	0,1581	18,4	3,575	+

Реализуемость на оптоволокне



В рамках данного проекта была спроектирована локальная сеть передачи данных с выходом в Интернет для района города Харькова, расположенного по адресу г. Харьков, Киевский р-н, пос. Пятихатки. Выбранный участок содержит 11 домов и 1 детский сад с общим количеством 1620 абонентов.

Было разработано две топологии сети, из которых была выбрана оптимальная по критерию суммарной нагруженности. Эта топология предполагает использование 11 домовых коммутаторов, 2 промежуточных и 1 базовый коммутатор, а так же 14 линий связи.

В результате проверки реализуемости линий связи на различных типах кабелей были получены следующие результаты: 3 линии реализуются на витой паре категории 5е, 0 – на категории 6, 4 – на категории 7, 7 – на многомодовом ОВ.

Спроектированная сеть является реализуемой.