

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Северо-кавказский филиал
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного учреждения высшего
образования
«Московский технический университет связи и информатики»

Методические рекомендации и контрольные задания
для выполнения самостоятельной работы по дисциплине
«Системы коммутации»

(направление подготовки 11.03.20 «Инфокоммуникационные технологии и
системы связи», профиль «Сети связи и системы коммутации»)

Ростов-на-Дону

2019

Методические рекомендации и контрольные задания
для выполнения самостоятельной работы по дисциплине
«Системы коммутации»

(направление подготовки 11.03.20 «Инфокоммуникационные технологии и
системы связи», профиль «Сети связи и системы коммутации»)

Составители:

Манин А.А., доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии и
системы связи», к.т.н., доцент

Решетникова И.В., доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии
и системы связи», к.т.н.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи», протокол № ____
от « » _____ 2019 г.

Общие указания и выбор варианта

Выполнение работы направлено на закрепление знаний, полученных студентами при изучении первой части дисциплины «Системы коммутации», а также на привитие навыков расчета объемов коммутационного оборудования при проектировании сетей связи и цифровых коммутационных систем.

Каждый студент выполняет расчет в одном варианте. Номер варианта определяется двумя последними цифрами студенческого билета и одной последней цифрой текущего года. Исходные данные для выбора варианта представлены в таблицах 1 – 5.

Таблица 1 – Исходные данные для выбора емкости сети

Емкость (тыс. номеров)		6	5	9	7	8
Цифры единиц	1	5/6	6/7	7/8	8/9	5/9
	2	5/7	5/8	6/6	9/9	9/8
	3	9/7	9/6	9/5	8/8	8/5
	4	8/6	8/7	7/7	7/8	7/9
	5	7/6	7/5	9/6	6/5	6/8
	6	6/9	9/5	9/6	7/8	6/7
	7	8/7	7/6	5/8	5/7	8/8
	8	7/8	9/8	6/7	7/9	8/7
	9	6/5	7/6	8/5	9/6	5/8
	0	7/8	6/7	8/6	6/8	7/6
		1,3	2,6	4,8	5,9	7,0
		Цифры десятков				

Таблица 2 – Среднее число вызовов в ЧНН

Цифры единиц						
Цифры десятков		1,2	3,4	5,6	7,8	9,0
		$C_{HX}/C_{KB}/C_T$	$C_{HX}/C_{KB}/C_T$	$C_{HX}/C_{KB}/C_T$	$C_{HX}/C_{KB}/C_T$	$C_{HX}/C_{KB}/C_T$
	1	2,8/1,2/8	2,7/1,3/8	2,6/1,2/8	2,5/1,4/8	2,4/1,0/8
	2	2,7/1,2/9	2,8/1,4/9	2,2/0,9/8	2,3/0,9/9	2,5/1,0/9
	3	2,9/1,0/8	2,6/0,8/8	2,1/0,9/9	2,5/0,8/8	2,8/1,1/8
	4	2,1/1,2/9	2,9/0,9/9	2,2/1,1/8	2,7/1,3/9	2,3/1,0/9
	5	2,5/0,9/8	3,0/1,1/8	2,1/1,2/9	2,8/1,0/8	2,4/1,1/8
	6	3,0/1,2/9	2,8/1,0/9	2,6/0,9/8	2,4/1,1/9	2,7/0,8/9
	7	2,1/0,9/8	2,9/1,1/8	2,6/1,3/9	2,3/1,2/8	2,5/1,1/8
	8	2,8/1,3/9	2,7/0,9/9	2,5/1,1/8	2,9/1,3/9	2,3/1,2/9
	9	2,7/1,1/8	2,5/1,2/8	2,9/1,4/9	2,6/0,9/8	2,5/1,0/8
	0	2,2/1,2/9	3,0/1,1/9	2,6/0,9/8	2,8/1,1/9	2,4/1,3/9

Таблица 3 – Средняя длительность разговора

Последняя цифра года				
1,0	2,9	3,6	4,7	8,5
$T_{HX}/T_{KB}/T_T$	$T_{HX}/T_{KB}/T_T$	$T_{HX}/T_{KB}/T_T$	$T_{HX}/T_{KB}/T_T$	$T_{HX}/T_{KB}/T_T$
85/100/110	90/100/110	85/110/100	88/125/100	86/115/125

Таблица 4 – Доля вызовов, закончившихся разговором

Последняя цифра года				
1,0	2,9	3,6	4,7	8,5
0,5	0,55	0,53	0,56	0,52

Таблица 5 – Доля пользователей, использующих различные тарифные планы

Последняя цифра года				
1,0	2,9	3,6	4,7	8,5
5/15/20/25/35	10/10/20/30/30	5/10/20/30/35	10/15/20/25/30	5/20/20/25/30

В таблице 1 представлена емкость сети связи общего пользования. В верхней строке таблицы показана емкость проектируемой коммутационной системы в тысячах номеров. В ячейках таблицы даются сведения о емкости существующих АТС – координатной и электронной соответственно. Данные из таблицы 1 выбираются исходя из двух последних цифр студенческого билета.

В таблице 2 представлены сведения о среднем количестве вызовов в ЧНН от каждой из категорий источников нагрузки. Данные из таблицы 2 выбираются исходя из двух последних цифр студенческого билета.

В таблице 3 приведены средние длительности разговора абонентов различных категорий. Данные из таблицы 3 выбираются исходя из последней цифры номера текущего года (например, в 2013 году используется цифра 3).

В таблице 4 приведены доли вызовов, окончившихся разговором. Данные из таблицы 3 выбираются исходя из последней цифры номера текущего года.

В таблице 5 представлены процентные соотношения пользователей широкополосным доступом по технологии ADSL. Имеются пять профилей UBR (unspecified bit rate, неопределенная битовая скорость):

- профиль 1 UBR+ (скорость доступа не более 2048 кбит/с);
- профиль 2 UBR+ (скорость доступа не более 1024 кбит/с);
- профиль 3 UBR+ (скорость доступа не более 512 кбит/с);
- профиль 4 UBR+ (скорость доступа не более 256 кбит/с);
- профиль 5 UBR+ (скорость доступа не более 128 кбит/с).

Содержание работы

Существующая сеть связи общего пользования (ССОП) содержит две АТС – координатную (АТСК) и электронную (АТСЭ). Кроме того, имеются узел спецслужб (УСС) и выход на зонный узел связи (ЗУС). Необходимо произвести расчеты, позволяющие спроектировать на сети третью цифровую АТС в соответствии с исходными данными для одного варианта. Предполагается, что абоненты проектируемой АТС делятся на категории в следующем процентном соотношении – 45 % деловой сектор; 53 % квартирный сектор; 2 % таксофоны. Абонентам квартирного сектора предполагается предоставлять услуги широкополосного доступа по технологии ADSL.

В процессе проектирования необходимо произвести следующую работу.

1. По исходным данным изобразить схему ССОП и составить план нумерации на сети.
2. Произвести расчет интенсивности телефонной нагрузки.
3. Произвести распределение телефонной нагрузки по направлениям межстанционных связей, составить матрицу нагрузки и изобразить схему распределения нагрузки.
4. Произвести расчет объема оборудования и числа ИКМ-линий.
5. Произвести расчет необходимой пропускной способности сети широкополосного доступа.

Методические указания к выполнению расчета

Составление схемы ССОП не требует дополнительных пояснений. АТС связаны друг с другом по полносвязному принципу, нумерация на сети – пятизначная, первая цифра номера является кодом узла. В соответствии с [1] источники нагрузки делятся на три категории.

Исходные данные для расчета возникающей нагрузки с учетом разделения на категории представляются в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Исходные данные для расчета возникающей нагрузки

№ п/п	Категория источников нагрузки	C	T, c	P_p
1	НХ-сектор			
2	КВ-сектор			
3	Таксофоны			

Возникающую нагрузку создают вызовы, поступающие от абонентов (источников) и занимающие на некоторое время различные коммутационные ресурсы АТС. Интенсивность возникающей нагрузки может быть определена, если известны ее основные параметры, к которым относятся:

- число источников нагрузки N ;
- среднее число вызовов, поступающих от одного источника в ЧНН C ;
- средняя длительность занятия коммутационной системы при обслуживании одного вызова T .

Обозначим в соответствии с [3] количество источников различных категорий: $N_{НХ}$ – количество ТА народно-хозяйственного (делового) сектора (НХ); N_K – количество ТА квартирного сектора (КВ); N_T –

количество таксофонов. Тогда емкость проектируемой станции N_{II} определяется выражением:

$$N_{II} = N_{HX} + N_K + N_T.$$

В соответствии с имеющимися категориями источников нагрузки среднее число вызовов в единицу времени от одного ТА народно-хозяйственного сектора обозначим C_{hx} , от квартирного сектора – C_K , от таксофонов – C_m .

Проектирование среднего числа вызовов от одного источника соответствующих категорий основывается на результатах наблюдений на действующих сетях.

От спектра занятий и средней продолжительности занятия каждого вида зависит средняя длительность занятия приборов на станции.

Таким образом, средняя продолжительность одного занятия для источников i – ой категории определяется по формуле [4]:

$$t_i = \alpha_i P_p (t_{co} + nt_n + t_c + t_{ne} + T_i + t_o),$$

где α_i - коэффициент, учитывающий влияние вызовов, не закончившихся разговором, $\alpha_i = f(T_i, P_p)$, определяется графически;

P_p - доля вызовов, закончившихся разговором;

t_{co} - среднее время прослушивания сигнала «ответ станции»;

n - количество цифр абонентского номера;

t_c - время установления соединения (от момента окончания набора номера до подключения вызываемого абонента);

nt_n - среднее время набора n цифр абонентского номера;

t_{ne} - среднее время прослушивания сигнала «контроль посылки вызова»;

T_i - средняя продолжительность разговора;

t_0 - время отбоя.

Интенсивность возникающей нагрузки для каждой из категорий абонентов определяется по формуле:

$$Y_i = \frac{N_i C_i t_i}{3600}, \text{ Эрл.}$$

Результаты расчета возникающей нагрузки сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты расчета возникающей нагрузки

Категория	P_p	α_i	$T_i, \text{с}$	$t_i, \text{с}$	Число ТА	C	$Y_i, \text{Эрл}$
НХ							
КВ							
Т							

Суммарная интенсивность нагрузки проектируемой станции определяется как сумма интенсивностей нагрузок от источников всех категорий:

$$Y_n' = Y_{HX} + Y_{KB} + Y_T.$$

Вследствие стандартной конструкции стативов ступени абонентского искания необходимо определиться с количеством абонентских линий, включаемых в секции абонентского искания (САИ).

Интенсивность нагрузки, поступающей на ступень ГИ от каждой САИ, определяется по формуле:

$$Y_{САИ} = Y_n' \frac{N_{САИ}}{N}.$$

Рассчитанная таким образом нагрузка должна быть распределена по станциям сети. Это распределение носит случайный характер и зависит от нагрузок абонентов проектируемой АТС, других станций, их удаленности, и т.д.

Суммарная интенсивность нагрузки проектируемой станции распределяется по следующим направлениям:

- к узлу спецслужб;
- внутристанционная нагрузка к абонентам своей станции;
- междугородная исходящая нагрузка;
- исходящая нагрузка к другим АТС сети.

Нагрузка, направляемая к узлу спецслужб, принимается равной 3 % от Y'_n :

$$Y_{cc} = 0,03 \times Y'_n.$$

Внутристанционная нагрузка к абонентам своей станции определяется по формуле:

$$Y_{3,3} = \eta Y'_n, \text{ Эрл},$$

де η - доля или процент внутристанционного сообщения, определяемый по значению коэффициента веса, который представляет собой отношение нагрузки Y_n проектируемой станции к аналогичной нагрузке всей сети.

Коэффициент внутристанционного сообщения зависит от коэффициента веса η_c , который равен отношению емкости проектируемой АТС к суммарной емкости сети, включая и емкость проектируемой АТС:

$$\eta_c = \frac{N_n}{N} \times 100\%.$$

Зависимость коэффициента внутристанционного сообщения от коэффициента веса приведена в таблице 4.3 [4].

Междугородная исходящая нагрузка по заказно-соединительным линиям (ЗСЛ) на одного абонента принимается равной 0,003 Эрл. Отсюда интенсивность нагрузки на АМТС:

$$Y_{зсл} = N_n \cdot 0,003.$$

Входящую на станцию по междугородным соединительным линиям (СЛМ) нагрузку принимают равной исходящей по ЗСЛ нагрузке.

Исходящая нагрузка к другим АТС сети должна быть распределена между другими станциями сети пропорционально доле исходящих потоков этих станций в их общем исходящем сообщении и находится по следующему выражению:

$$Y_{исх,3} = Y'_n - Y_{3,3} - Y_{зсл} - Y_{сс}.$$

Аналогичный расчет производится для всех остальных станций сети. Результаты расчетов сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета интенсивностей нагрузок АТС

№ АТС	Тип АТС	Емкость	Y'_j , Эрл	η_c , %	η , %	Y'_{jj} , Эрл	$Y_{сс}$, Эрл	$Y_{зсл}$, Эрл	$Y_{исх,j}$, Эрл
1	АТСК								
2	АТСЭ								
3	АТСЭ								

При равномерном телефонном тяготении между абонентами всей сети интенсивность нагрузки от АТС j к АТС u пропорциональна доле интенсивности исходящей нагрузки от всех АТС сети:

$$Y_{j,u} = Y_{исх,j} \frac{Y_{исх,u}}{\sum_{i=1}^m Y_{исх,i}}, \text{ Эрл.}$$

По последней формуле рассчитываются и интенсивности нагрузок как в направлениях от проектируемой системы к существующим, так и в обратных направлениях.

Найденные межстанционные потоки нагрузки, проходя со входов ступени ГИ на ее выходы (то есть к ступени АИ) уменьшаются, так как время занятия выхода ступени ГИ меньше времени занятия ее входа на величину, включающую в себя время прослушивания сигнала «Ответ станции» и время набора определенного числа знаков абонентского номера. Последнее зависит от типа встречной АТС. Соответственно,

указанные нагрузки уменьшаются на 6%, если встречная АТС декадно-шаговая, и на 2%, если встречная АТС координатная или электронная.

Рассчитанная таким образом нагрузка, поступающая от ступени ГИ на САИ, распределяется между секциями пропорционально их емкости.

По результатам проведенного расчета составляется матрица нагрузок (таблица 9) и схема распределения нагрузок.

Таблица 9 – Матрица нагрузок

	АТС 1	АТС 2	АТС 3	УСС	АМТС
АТС 1					
АТС 2					
АТС 3					
АМТС					

Для расчета числа каналов, необходимых для пропуска рассчитанной нагрузки с заданным качеством, используется первая формула Эрланга. Как известно, эта формула табулирована. В настоящем проекте рекомендуется использовать электронный калькулятор Эрланга.

Каждая ИКМ-линия содержит по 30 информационных каналов, поэтому число линий в каждом из направлений будет равно:

$$N_{ij} = \left\lceil \frac{V_{ij}}{30} \right\rceil,$$

где символ $\lceil \bullet \rceil$ означает ближайшее большее целое число. Так как ИКМ-линии четырехпроводные, для вычисления по последней формуле необходимо брать наибольшее количество каналов в каждом из направлений.

Число регистров определяется по первой формуле Эрланга при величине потерь 0,0001. Аналогично определяется число БМП, БПТН и АОН.

При расчете необходимой пропускной способности ШПД

необходимо исходить из того, что в зависимости от класса обслуживания, подключаемым абонентам может предоставляться либо гарантированная полоса пропускания (CBR), либо негарантированная (UBR).

Сервис CBR (constant bit rate, сервис с постоянной битовой скоростью) представляет собой наиболее простой класс сервиса. Когда сетевое приложение устанавливает соединение CBR, оно заказывает пиковую скорость трафика, которая является максимальной скоростью, которое может поддерживать соединение без риска потерять пакет. Затем данные передаются по этому соединению с запрошенной скоростью - не более и, в большинстве случаев, не менее. Сервис CBR предназначен специально для передачи голоса и видео в реальном масштабе времени.

В отличие от CBR, сервис UBR (unspecified bit rate, неопределенная битовая скорость) не определяет ни битовую скорость, ни параметры трафика, ни качество сервиса. Сервис UBR предлагает только доставку "по возможности", без гарантий по утере пакетов, задержке пакетов или границам изменения задержки. Разработанный специально для возможности превышения полосы пропускания, сервис UBR представляет собой адекватное решение для тех непредсказуемых "взрывных" приложений, которые не готовы согласиться с фиксацией параметров трафика. Вместе с тем, UBR позволяет обеспечить максимальную пропускную способность в том, случае, когда происходит сложение нескольких потоков данных, имеющих разнесенные во времени пики нагрузки.

Современные мультиплексоры DSLAM могут устанавливать различные профили по нескольким параметрам. Для более точного расчета пропускной способности проектируемой сети доступа необходимо разделить трафик на профили.

Одним из способов обеспечения качества обслуживания пользователя является ограничение скорости доступа для безлимитных тарифных планов.

Профили «UBR+» (условно назовем их «1 UBR+», «2 UBR+», «3 UBR+», «4 UBR+», « 5 UBR+») выберем для безлимитных тарифов. Для каждого профиля устанавливается максимальная скорость передачи данных, заданная в исходных данных на проектирование.

Для пользователей, имеющих лимит трафика, входящего в оплату, доступ в сеть ограничивается тем, что за каждый превышенный Мбайт придется заплатить. Для этих тарифных планов оговаривается, что скорость доступа определяется техническими возможностями узла, к которому осуществляется подключение. На эту скорость влияет:

- развитие транспортной сети;
- состояние абонентской пары;
- удаленность абонента от узла связи;
- развитие сети доступа и транспортной сети, откуда происходит получение данных.

Количество пользователей для каждого профиля вычислим по формуле:

$$n_i = \frac{N \cdot a_i}{100},$$

где n_i – количество пользователей профиля;

N – общее количество пользователей;

a_i – количество пользователей i -го профиля, выраженное в процентах

Скорость для всех пользователей одного профиля рассчитываем по формуле:

$$UBR_i = n_i \cdot v_i$$

где UBR_i – скорость доступа для всех пользователей одного профиля;

v_i – скорость доступа для каждого профиля.

На основании последних формул:

$$UBR_i = n_i \cdot v_i = \frac{N \cdot a_i}{100} \cdot v_i.$$

Суммируя потоки каждого из профилей, можно вычислить необходимую пропускную способность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящий Документ РД 45.120-2000 «Ведомственные нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети».