

# Анализ эффективности многокольцевых схем синхронизации с равномерным уменьшением количества сетевых элементов в цепях синхронизации на более низких уровнях иерархии телекоммуникационной транспортной сети

## Analysis of the effectiveness of the multi-ring schemes of synchronization with an equal amount of network elements in synchronization chains at all levels of the hierarchy of the transport network

### Алексеева / Alekseeva M.

Марина Николаевна  
(marina\_a@loniis.org)  
Филиал ФГУП «Ленинградское отделение центрального научно-исследовательского института связи»,  
ведущий инженер.  
г. Санкт-Петербург

### Морозов / Morozov G.

Геннадий Григорьевич  
(morozov@loniis.org)  
Филиал ФГУП ЛО ЦНИИС,  
заместитель начальника центра.  
г. Санкт-Петербург

### Осадчий / Osadchiy A.

Александр Иванович  
(ai\_osad@mail.ru)  
доктор технических наук, профессор.  
Филиал ФГУП ЛО ЦНИИС,  
директор.  
г. Санкт-Петербург

### Ясинский / Jasinski S.

Сергей Александрович  
(yasinsky777@mail.ru)  
доктор технических наук, доцент.  
Филиал ФГУП ЛО ЦНИИС,  
главный научный сотрудник.  
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: сигнал синхронизации – synchronization signal; структура системы тактовой сетевой синхронизации – the structure of the system of clock network synchronization.

В работе приводится сравнительный анализ эффективности многокольцевых схем синхронизации с равномерным уменьшением количества сетевых элементов в цепях синхронизации на более низких уровнях иерархии синхронизации транспортной сети в рамках всех уровней иерархии, результаты которого позволяют выбирать наиболее подходящие типовые схемы передачи сигналов синхронизации при формировании структур систем тактовой сетевой синхронизации телекоммуникационных сетей.

The paper provides a comparative analysis of the effectiveness of the multi-ring schemes of synchronization with equal amount of network elements in the synchronization chains at all levels of the transport network hierarchy. The results of the analysis allow to choose the most suitable typical schemes for synchronization signals distribution at the formation of structures systems clock network synchronization of telecommunications networks.

Структура схем синхронизации с равномерным уменьшением количества сетевых элементов (СЭ) на более низких уровнях иерархии телекоммуникационной транспортной сети (ТС) предполагает использование базового кольца (БК), состоящего из  $n_l$  элементов, и полукольца, в которых количество элементов пропорционально уменьшается по мере изменения уровня иерархии [1, 2]. В полукольцах второго уровня количество элементов  $n_l - 1$ , в полукольцах третьего уровня количество элементов  $n_l - 2$ , на четвёртом уровне  $n_l - 3$  и т.д. При этом должно также выполняться условие:

для соблюдения допустимого количества уровней иерархии  $r$ , которое определяется из условия выполнения следующего требования:

$$N_{\text{СЭ ЦС}_{\text{max}}} \leq N_{\text{СЭ-1ав. ЦС}_i} \quad (1)$$

где  $N_{\text{СЭ ЦС}_{\text{max}}}$  – максимально допустимое количество СЭ в цепи синхронизации (ЦС), то есть

$$N_{\text{СЭ ЦС}_{\text{max}}} = 1 + \left\lfloor \frac{n_l + r - 1}{2} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{n_l}{2} \right\rfloor + \sum_{i=1}^{r-1} \left\lfloor \frac{n_l + i}{2} \right\rfloor \quad (2)$$

$N_{\text{СЭ-1ав. ЦС}_i}$  – максимальное количество СЭ в  $i$ -ЦС при передаче сигналов синхронизации (СС) на все участки телекоммуникационной транспортной сети с учётом появления одиночной аварии.

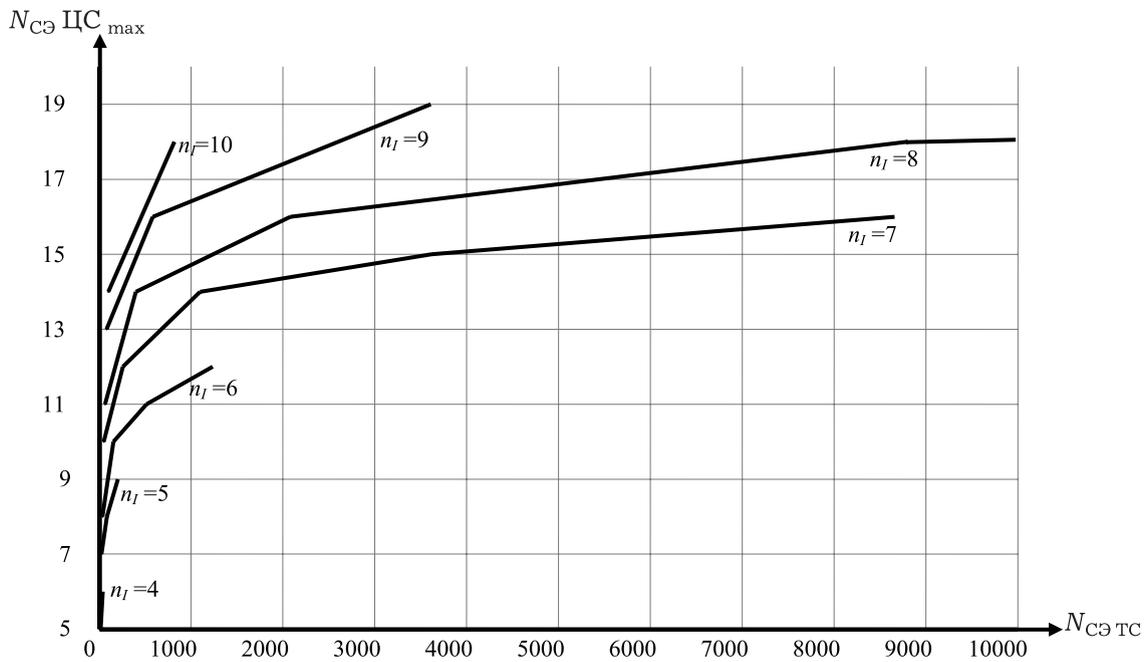


Рис. 1. Зависимость количества СЭ в ЦС от количества синхронизируемых СЭ (до 10 000 СЭ), при  $n_l = 4, \dots, 10$

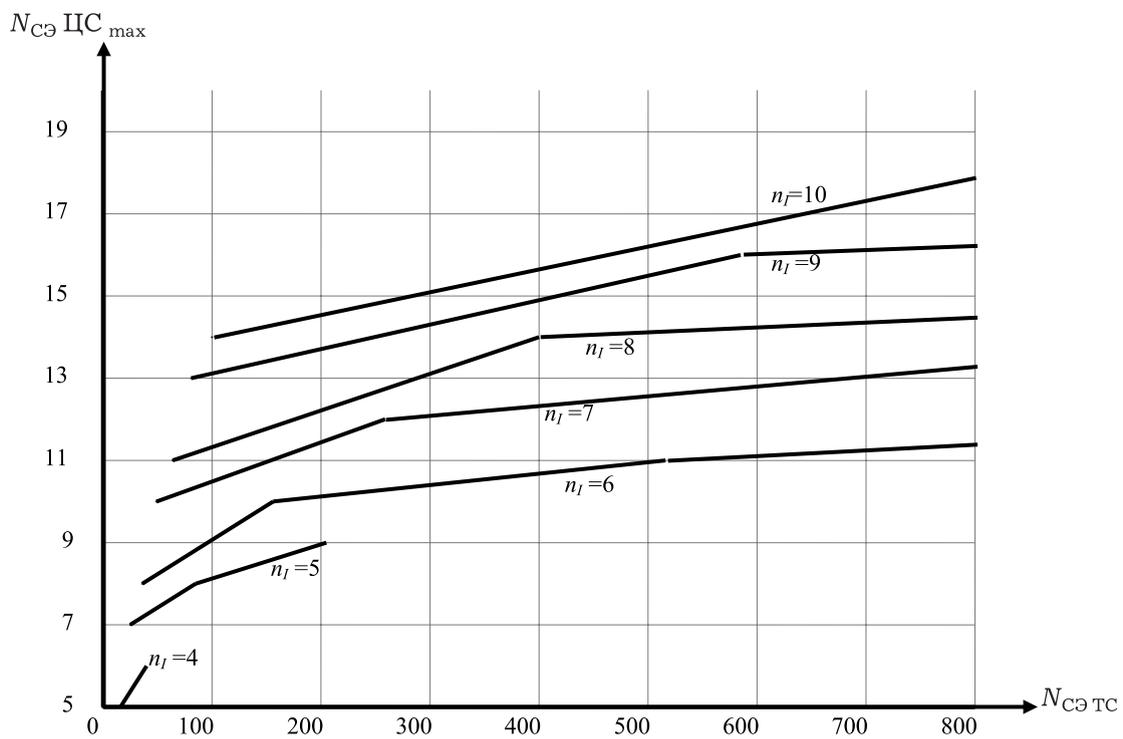


Рис. 2. Зависимость количества СЭ в ЦС от количества синхронизируемых СЭ (до 800 СЭ), при  $n_l = 4, \dots, 10$

Таблица 1

$n_l$	$r$	$N_{СЭТС}$	$N_{СЭЦС_{max}}$	$k_{эф. ЦС_i}$	$T_{P_{max}}$
4	2	16	5	3,2	4,1
4	3	40	6	6,67	4,8
5	2	25	7	3,57	4,8
5	3	85	8	10,63	4,8
5	4	205	9	22,78	5,4
6	2	36	8	4,5	5,4
6	3	156	10	15,6	5,4
6	4	516	11	46,91	5,4
6	5	1236	12	103	6
7	2	49	10	4,9	6
7	3	259	12	21,58	6
7	4	1099	14	78,5	6
7	5	3619	15	241,27	6
7	6	8659	16	541,19	6
8	2	64	11	5,82	7
8	3	400	14	28,57	7
8	4	2080	16	130	7
8	5	8800	18	488,89	7
8	6	28960	19	1524,21	7
9	2	81	13	6,23	8,25
9	3	585	16	36,56	8,25
9	4	3609	19	189,95	8,25
10	2	100	14	7,14	9,5
10	3	820	18	45,56	9,5

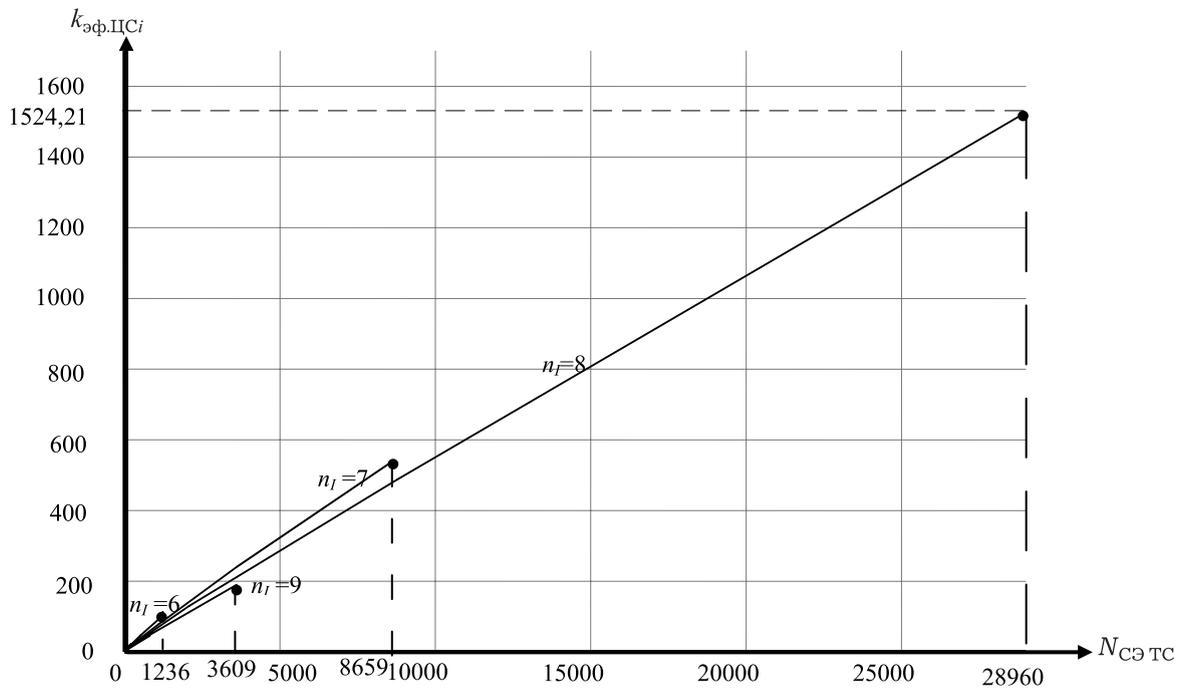


Рис. 3. Зависимость коэффициента эффективности от количества синхронизируемых СЭ (до 28960 СЭ), при  $n_l = 6, \dots, 9$

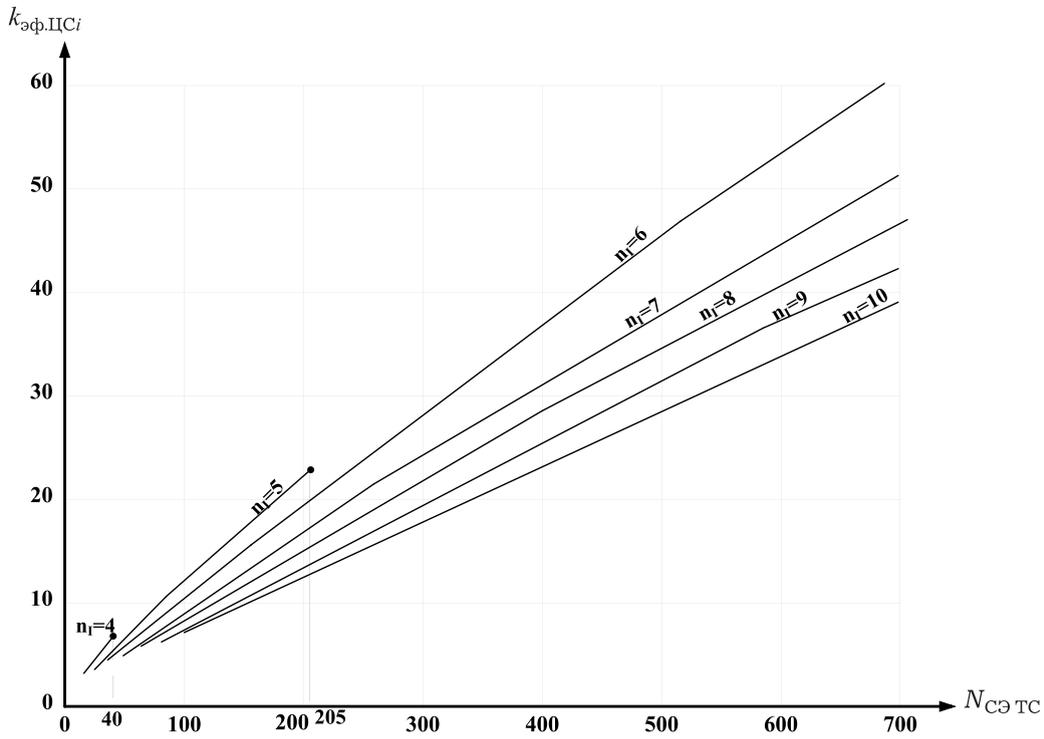


Рис. 4. Зависимость коэффициента эффективности от количества синхронизируемых СЭ (до 700 СЭ), при  $n_l = 4, \dots, 10$

Следовательно, максимально допустимое количество СЭ в ЦС предлагается рассчитывать по формуле:

$$N_{\text{СЭ ЦС max}} = n_l + \sum_{i=1}^{r-1} \left\lfloor \frac{n_l - i}{2} \right\rfloor \quad (3)$$

Процесс реконфигурации системы тактовой сетевой синхронизации телекоммуникационной ТС оценивается максимальным временем реконфигурации, как разности между моментом появления аварии и моментом, начиная с которого все элементы сети получают СС, создаваемые основным и резервным источниками, то есть:

$$T_{\text{P max}} = \max \begin{cases} T_{\text{P}_1} = T_{\text{H}} + ([0,5n_l] - 1)T_{\text{T}} + n_l T_{\text{П}} \\ T_{\text{P}_2} = T_{\text{H}} + ([0,5n_l] - 2)(T_{\text{H}} + T_{\text{П}}) \\ T_{\text{P}_3} = T_{\text{H}} + ([0,5m_n] - 2)T_{\text{T}} + [0,5m_n]T_{\text{П}} \end{cases} \quad (4)$$

где:  $T_{\text{H}}$  – время между появлением аварии и моментом начала передачи соответствующего SSM сообщения;

$T_{\text{T}}$  – время трансляции SSM сообщения;

$T_{\text{П}}$  – время переключения СС;

$n_l$  – количество СЭ в кольце первого уровня иерархии;

$m_n$  – максимальное количество СЭ в полукольцах нижних уровней иерархии.

Количество синхронизируемых СЭ на всех уровнях ТС определяется выражением [3]:

$$N_{\text{СЭ ТС}} = n_l + \sum_{i=0}^{r-2} \frac{n_l!}{(n_l - i - 2)!} \quad (5)$$

Результаты расчётов с использованием выражений (2–4) из [2] и (5) приведены в таблице 1 с графическим представлением на рисунках 1–4.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

при условии, что количество СЭ в ЦС не должно превышать 20, максимальное количество синхронизируемых СЭ – не более 28960;

в диапазоне до 205 СЭ минимальное количество СЭ в ЦС и максимальный коэффициент эффективности достигается при  $n = 5$ ;

в диапазоне от 205 до 1236 СЭ минимальное количество СЭ в ЦС и максимальный коэффициент эффективности достигается при  $n = 6$ ;

в диапазоне от 1236 до 8659 СЭ минимальное количество СЭ в ЦС и максимальный коэффициент эффективности достигается при  $n = 7$ ;

в диапазоне от 8659 до 28960 СЭ минимальное количество СЭ в ЦС и максимальный коэффициент эффективности достигается при  $n = 8$ ;

для систем с тремя уровнями иерархии максимальный коэффициент эффективности при  $n = 8$ .

## Литература

1. Моделирование многокольцевых схем синхронизации с равномерным увеличением количества сетевых элементов в цепях синхронизации телекоммуникационной сети на более низких уровнях иерархии / Т.В. Мозжелина [и др.] // Труды 69-й НТК СПбНТОРРЭС, посвящённой Дню радио. – СПб.: ООО «Атмосфера», 2014. – С. 189–190.

2. Анализ эффективности многокольцевых схем синхронизации с равным количеством сетевых элементов в цепях синхронизации на всех уровнях иерархии транспортной сети / М.Н. Алексеева [и др.] // Информация и Космос. – 2014. – №2. – С. 18–24.

3. Моделирование многокольцевых схем синхронизации с равномерным уменьшением количества сетевых элементов в цепях синхронизации телекоммуникационной сети на более низких уровнях иерархии / Т.В. Мозжелина [и др.] // Труды 69-й НТК СПбНТОРРЭС, посвящённой Дню радио. – СПб.: ООО «Атмосфера», 2014. – С. 191–192.