

УДК 681.335

## ПРОЕКТ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ «МОСКОВСКОЕ КОЛЬЦО 500 кВ»

© С.И. Чичев, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин

*Ключевые слова:* волоконно-оптические системы и линии связи.

Рассмотрен проект волоконно-оптической линии связи «Московское Кольцо 500 кВ» Московского предприятия магистральных электрических сетей.

Первый крупный проект интеграции волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) в электроэнергетике был реализован в 2003 г., когда была построена волоконно-оптическая магистраль Москва–Санкт-Петербург–Финляндия. Она была оснащена современным оборудованием мультиплексирования (DWDM), что позволило обеспечить пропускную способность магистрали до 400 Гбит/с. Часть канала, идущего в Финляндию, была задействована для обмена трафиком с европейскими операторами связи. С 2007 по 2011 гг. велись работы по строительству ВОЛС «Московское Кольцо» по системообразующей сети 500 кВ г. Москвы и Московской области. Это одноцепное кольцо, включающее 7 подстанций (ПС) ФСК ЕЭС – МЭС Центра (рис. 1) [1]: а) внутригородские – Бескудниково, Очаково, Чагино (рис. 2–4); б) областные – Ногинск, Пахра, Трубино и Западная (рис. 5), а также ПС 750/500 кВ Белый Раст (рис. 6), ТЭЦ-26 (рис. 7) и ТЭЦ-27.

Характеристики системообразующей сети 500 кВ «Московское Кольцо» предоставлены в табл. 1 [2].

В настоящее время работы по организации волоконно-оптической системы передачи ВОСП и ВОЛС окончены объединением четырех подстанций напряжением 500 кВ – «Западная», «Бескудниково», «Очаково» и «Чагино» и прилегающей сети 220 и 110 кВ по следующей схеме (см. рис. 8, 9) [3].

Это сотрудничество позволяет энергетикам активно развивать собственную технологическую связь, рационально используя средства.

В качестве примера рассмотрим технические требования на создание ВОЛС по титулу «Москва–Ростов-на-Дону» МЭС Центра, а также станционные сооружения в объеме второго «Гамбов–Липецк–Волгоград», третьего «Вешенская–Ростов-на-Дону–Тихорецк» и четвертого «Липецк–Воронеж–Белгород» пусковых комплексов в зоне филиалов ФСК ЕЭС – МЭС Центра и МЭС Юга [4].

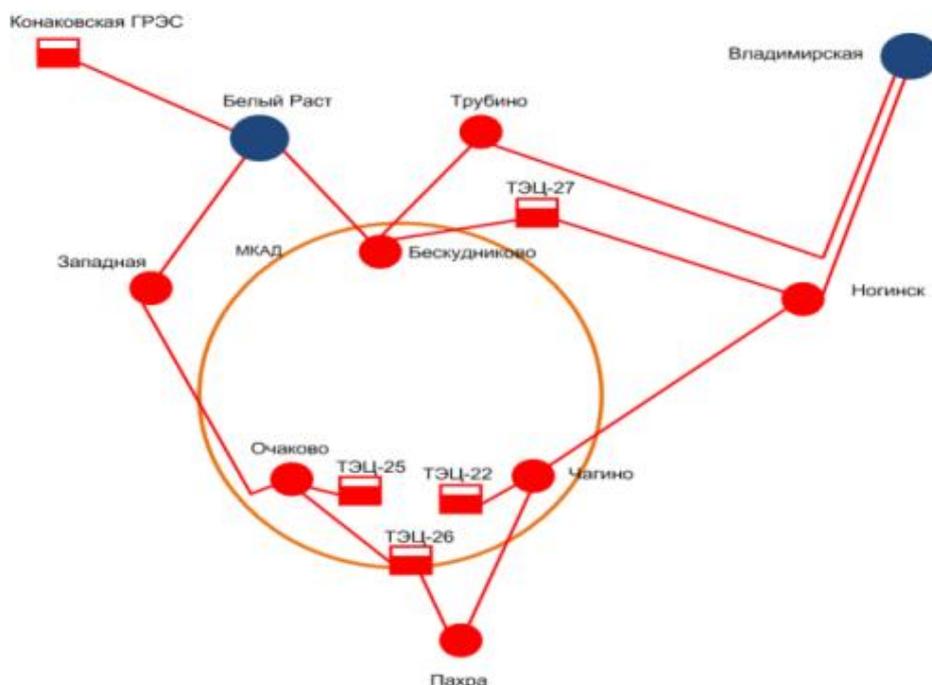


Рис. 1. Системообразующая сеть 500 кВ г. Москвы и Московской области

Таблица 1

## Основные характеристики системообразующей сети 500 кВ «Московское Кольцо»

№ п/п	Наименование	Установленная мощность трансформатора (авт-р), МВА	Класс напряжения, кВ	Количество, шт.	Магистральные линии	Длина, км	Примечание
1	ПС 500 кВ Бескудниково	500	500/220	4	Белый Раст– Бескудниково	46,5	
		200	220/110	2	Ногинск– Бескудниково	77,8	
		100	220/10	4	Трубино– Бескудниково	37,7	
2	ПС 500 кВ Чагино	500	500/220	2	Пахра–Чагино	36,4	
		250	220/110	4	Ногинск–Чагино	52,1	
		100	220/10	2	Михайлов–Чагино	182,1	
3	ПС 500 кВ Очаково	500	500/220/20	4	Белый Раст– Очаково	83	
		250	220/110/20	5	Очаково–ТЭЦ-26	26,9	
		100	220/20	4			
4	ПС 500 кВ Ногинск	345	500/110	2	Ногинск– Бескудниково	77,8	Планируется в 2012 г. замена 2 трансформаторов 500/110 на аппараты с мощностью 250 МВА
		180	220/110	2	Ногинск–Чагино	52,1	Планируется в 2012 г. замена 2 трансформаторов 220/110 на аппараты с мощностью 250 МВА
					Владимир– Ногинск	116,4	Планируется в 2012 г. установка 2 трансформаторов 500/220 по 501 МВА
5	ПС 500 кВ Трубино	501	500/220	2	Конаково–Трубино	152,7	С заменой в 2011–2012 гг. на трансформаторы мощностью 801
		250	220/110	2	Трубино– Бескудниково	37,7	С установкой еще 3 шт. в 2011–2012 гг.
		63	110/10	2	Загорская ГАЭС– Трубино	87,4	
					Владимир– Трубино	158,5	
6	ПС 500 кВ Пахра	500	500/110	2	Пахра–ТЭЦ-26	17	Планируемое оборудование (ввод в 2012 г.): 2 трансформатора 500/220 по 501 МВА
		125	220/110	2	Пахра–Чагино	36,4	Планируемое оборудование (ввод в 2012 г.): 2 трансформатора 220/110 по 250 МВА
		63	110/10	1			
7	ПС 500 кВ Западная	500	500/220	2	Магистральных линий всего 9, в рамках кольца 500 кВ станция под- ключена в разрыв 83-километровой линии Белый Раст– Очаково		
8	ПС 750/500 кВ Белый Раст	417	750/500/10	6	Опытная–Белый Раст		750 кВ (2 группы по 3 шт.)
		250	500/110	2	Конаково (ГРЭС)– Белый Раст	88,9	
		40	110/10/10	2	Белый Раст– Бескудниково	46,5	
					Белый Раст– Очаково	83	
Итого: (МВА, шт., км)		5797		60		1367,4	Без пункта № 7

**Требования к составу ВОЛС.** В состав цифровой сети передачи информации (ЦСПИ) должны входить [4]: а) транспортное оборудование синхронной SDH сети и оптические усилители; б) оборудование для подключения пользовательских систем объектов (оборудование доступа), включающее в себя мультиплексоры SDH, маршрутизаторы, коммутаторы; в) оборудование тактовой сетевой синхронизации (первичный эталонный и вторичные задающие генераторы); г) система управления (аппаратное и программное обеспечение системы управления транспортной сетью, сетью доступа, оборудованием маршрутизации и коммутации, мониторинга системы электропитания); д) средства аварийной сигнализации и служебной связи, оборудование электропитания и электрической защиты, монтажно-сборочное оборудование, включая телекоммуникационные шкафы, кроссы, кабели, монтажные принадлежности и т. п.; е) контрольно-измерительное оборудование для ЦСПИ, волоконно-оптический кабель, оптические кроссы, оборудование и материалы для эксплуатации и ремонтно-восстановительных работ по линейно-кабельным сооружениям ВОЛС и запасные части и принадлежности и эксплуатационно-техническая документация.

**Требования к функциям и сопряжению оборудования системы передачи ВОЛС.** Оборудование системы передачи должно обеспечивать подключение всех технологических и корпоративных систем объектов [4].

Проектируемая ВОЛС должна сопрягаться с: 1) ВОЛС «Москва–Ростов-на-Дону» первый пусковой комплекс на ПС 500 кВ Тамбовская; 2) ВОЛС, создаваемой в рамках титула «ПС 220 кВ Казинка ОЭЗ ППТ Липецк в Грязинском районе Липецкой области» на РУС/ЦУС «Липецкэнерго», ПС 220 кВ Иловайская и ПС 500 кВ Липецкая; 3) ВОЛС, создаваемой по титулу «Реконструкция и техническое перевооружение ПС 500 кВ Центральная»; 4) ВОЛС, создаваемой по титулу «Строительство ВЛ 500 кВ Волгодонская АЭС – Невинномысск, ПС 500 кВ Невинномысск и заходами ВЛ 330 кВ филиала ФСК – МЭС Юга»; 5) существующими ВОЛС в городах Белгород, Воронеж, Липецк, Волгоград, Ростов-на-Дону, Пятигорск.



Рис. 2. Подстанция 500 кВ Бескудниково



Рис. 3. Подстанция 500 кВ Очаково



Рис. 4. Подстанция 500 кВ Чагино



Рис. 5. Подстанция 500 кВ Западная



Рис. 6. Подстанция 750/500 кВ Белый Раст (открытое распределительное устройство – ОРУ 110 кВ)



Рис. 7. Теплоэлектроцентральный № 26 г. Москва







Рис. 10. Применение ВОЛС в продольных дифференциальных защитах линий

защиты в традиционном исполнении обмен выполнялся при помощи аналоговых сигналов малой мощности (50 Гц или тональной частоты). При использовании современных терминалов релейной защиты обычно реализуется обмен данными, представленными в двоичном коде. При реализации дифференциальной защиты на традиционной элементной базе средой передачи данных являются металлические контрольные провода.

Волоконно-оптические кабели стали активно применяться только в течение последних нескольких лет. Применение ВОЛС, встроенной в грозотрос, позволяет избежать проблем коротких замыканий на землю, а также импульсных помех при коммутациях силового оборудования и при ударах молнии. Упрощенная структурная схема применения ВОЛС в продольных дифференциальных защитах линий показана на рис. 10.

Как было сказано ранее, чаще всего волоконно-оптические кабели связи используются в мультиплексном режиме, обеспечивая передачу данных различного назначения. Поэтому терминалы защит на подстанциях по обоим концам линии подключаются к волоконно-оптической линии связи через мультиплексоры. Подключение к мультиплексорам, как правило, осуществляется по стандарту G.703 (рассматриваемому электрические характеристики стыков цифровых интерфейсов передачи голоса или данных через цифровые каналы типа E1). В некоторых случаях для целей защиты выделяются отдельные волокна, и в использовании мультиплексоров нет необходимости, в таком случае устройство защит должно иметь свои собственные оптические приемопередатчики. Отметим ряд преимуществ

использования волоконно-оптических линий связи в продольных дифференциальных защитах линий [3]: а) налаженный канал связи между двумя терминалами защит можно использовать для нужд телемеханики, а также для мониторинга электрических параметров и состояний коммутационных аппаратов подстанции на другом конце линии. Появляется возможность организовать оперативную блокировку линейных разъединителей с заземляющими ножами на подстанции с противоположного конца линии; б) возможность использования такого типа защит на любых по длине линиях электропередачи; в) возможность организации работы защит по двум взаиморезервирующим друг друга волоконно-оптическим линиям связи.

Таким образом, на примере проекта «Московское Кольцо 500 кВ» и исходя из практики эксплуатации можно сделать вывод об определенном удобстве и надежности применения ВОЛС, построенной с использованием инфраструктуры электроэнергетики, не только для решения коммерческих «телекоммуникационных» задач, но и для успешного применения в области технологической связи, телемеханики, релейной защиты и автоматики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Седунов В.Н. Развитие электрических сетей ОАО «ФСК ЕЭС» на территории Московского региона. Доклад генерального директора филиала ОАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Центра министру энергетики РФ С.И. Шматко. М., 2011. 58 с.
2. Годовой отчет филиала ОАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Центра. М., 2011. 228 с.
3. Ли В.А. Информационно-технологические системы МЭС Центра. Доклад начальника службы ИТС филиала ОАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Центра на совещании в ОАО «СО ЕЭС». М., 2009. 35 с.
4. Технические требования на создание ВОЛС по титулу «Москва – Ростов-на-Дону в зоне филиалов ОАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Центра и МЭС Юга: типовой альбом ОАО «Институт Энергосеть проект». М., 2008. 120 с.

Поступила в редакцию 17 марта 2014 г.

Chichyov S.I., Kalinin V.F., Glinkin E.I. FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINE PROJECT "MOSCOW RING 500 kV"  
A project of fiber-optic communication line "Moscow Ring 500 kV" of Moscow enterprise of backbone electric grids is considered.

*Key words:* fiber-optic systems and lines of communication.

Чичев Сергей Иванович, Филиал ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» – Московские энергетические сети – Центра, г. Москва, Российская Федерация, кандидат технических наук, ведущий инженер системы автоматизации и телемеханики; Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, кафедра биомедицинской техники, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Chichyov Sergey Ivanovich, Branch of JSC "Federal Grid Company of Unified Energy System" – Moscow Center Energetic Grids, Moscow, Russian Federation, Candidate of Technics, Leading Engineer of System of Automatization and Telemechanics, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Bio-medical Technics Department, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Калинин Вячеслав Федорович, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и автоматизации, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Kalinin Vyacheslav Fyodorovich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Doctor of Technics, Professor of Electronic Equipment and Automation Department, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Глинкин Евгений Иванович, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор технических наук, профессор кафедры биомедицинской техники, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru

Glinkin Evgeniy Ivanovich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Doctor of Technics, Professor, Professor of Bio-medical Technics Department, e-mail: bmt@nnn.tstu.ru