

М.С. Горянский, А.Н. Козлов

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ  
НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ ТАМБОВСКОГО РАЙОНА ДЛЯ ВЫБОРА ИДЕОЛОГИИ  
РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОБОРУДОВАНИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*Статья посвящена вопросам состояния распределительных электрических сетей напряжением 10 кВ Тамбовского района. Описаны существующие на сегодняшний день проблемы, а в выводах сформулированы предложения по развитию электрических сетей с использованием оборудования нового поколения.*

*Ключевые слова: распределительная сеть, развитие, оборудование нового поколения.*

**STRUCTURAL ANALYSIS ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORKS OF 10 KV  
TAMBOV REGION SELECTION OF IDEOLOGY OF ELECTRIC NETWORK  
FOR A NEW GENERATION EQUIPMENT**

*The article deals with the modern condition of 10 kW voltage electric power distribution networks located in Tambovskiy raion (the Amur Region). The article gives a brief analysis of current problems existing at electric power distribution networks. In conclusion the author offers the suggestions on development of electric power distribution networks with implementation of the newest equipment.*

*Key words: distribution network, development, new generation of equipment.*

### **1. Общая характеристика электрических сетей**

В качестве объекта исследования выбраны тамбовские распределительные электрические сети филиала «Амурские электрические сети», входящего в состав ОАО «Дальневосточная распределительная сетевая компания».

Основными потребителями электрической энергии являются коммунально-бытовые организации и учреждения, жилые и общественные здания, объекты сельскохозяйственного производства.

#### **1.1. Характеристика источников питания**

На территории тамбовских электрических сетей располагаются несколько источников электрической энергии: ПС «Тамбовка», ПС «Дим», ПС «Раздольное», ПС «Муравьевка», ПС «Куропатино», ПС «Николаевка», ПС «Степная», ПС «Лозовое», ПС «Садовое». На всех подстанциях установлены силовые понизительные трансформаторы. Мощность и количество силовых трансформаторов приведены в табл. 1, установленная мощность источников питания – на рис. 1.

Таблица 1

## Количество и мощность силовых трансформаторов

Источник питания ПС	Трансформаторы, МВА / $U_{ном}$
Тамбовка	T1 – 10/110
	T2 – 25/110
Дим	T1 – 10/110
	T2 – 10/110
Раздольное	T1 – 10/110
	T2 – 10/110
Муравьевка	T1 – 4/35
	T2 – 4/35
Куропатино	T1 – 2,5/35
	T2 – 2,5/35
Николаевка	T1 – 4/35
	T2 – 4/35
Степная	T1 – 2,5/35
	T2 – 2,5/35
Лозовое	T1 – 4/35
	T2 – 4/35
Садовое	T1 – 4/35
	T2 – 4/35

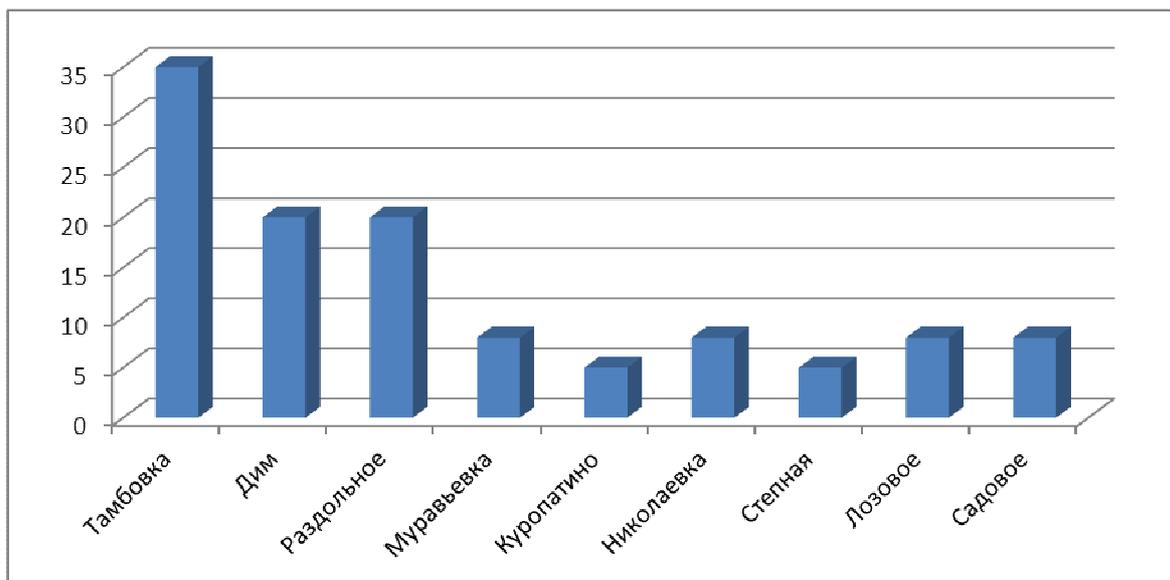


Рис. 1. Установленная мощность источников питания, МВА.

**1.2. Анализ линий электропередач**

Распределительные сети сооружаются из сталеалюминевых проводов. При выборе конструкции такого провода существенное значение имеет размер стального сердечника, оцениваемый отношением сечения алюминиевой токопроводящей части к сечению стального сердечника, придающего проводу механическую прочность. Увеличение содержания стали в сталеалюминевых проводах приводит к увеличению их стоимости и усложнению конструкции.

Всё это может вызвать удорожание линии в целом, если повышение стоимости проводов не компенсируется некоторым уменьшением числа опор на трассе. На воздушных линиях чаще всего применяются сталеалюминевые провода марки «АС». Протяженность линий представлена на рис. 2.

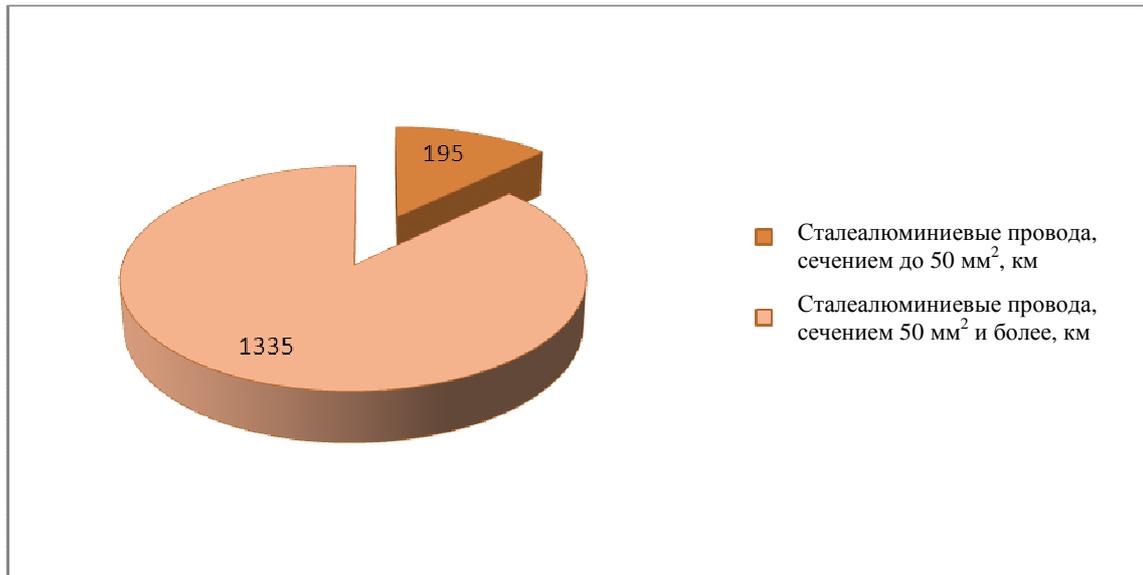


Рис. 2. Протяженность линий электропередач.

Рассматриваемые электрические сети выполнены проводами различных сечений, что приводит к появлению неоднородности в сети. Для оценки возможных аварийных ситуаций в рассматриваемых линиях электропередач необходимо провести структурный анализ сечений, используемых в рассматриваемых классах напряжения. Соотношение сечений проводов воздушных линий отображено на рис. 3.

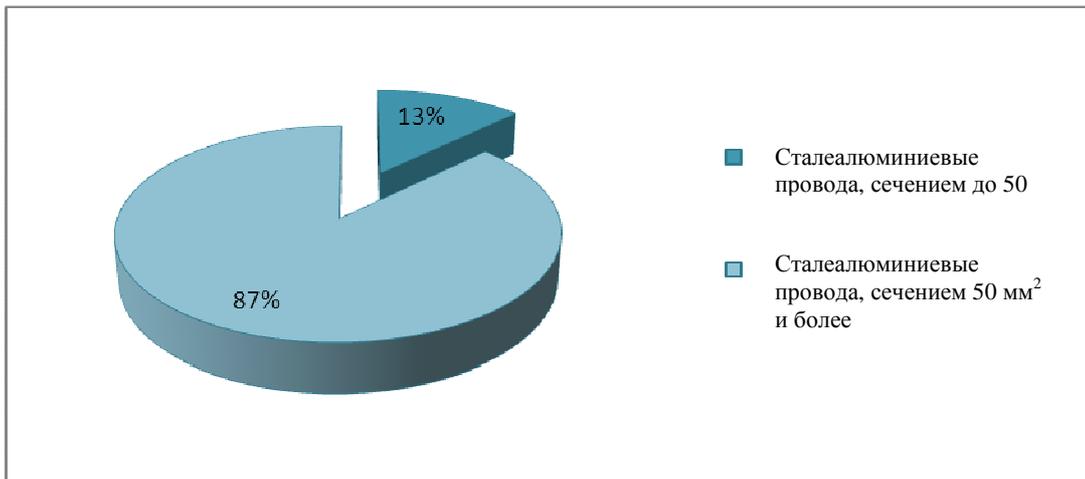
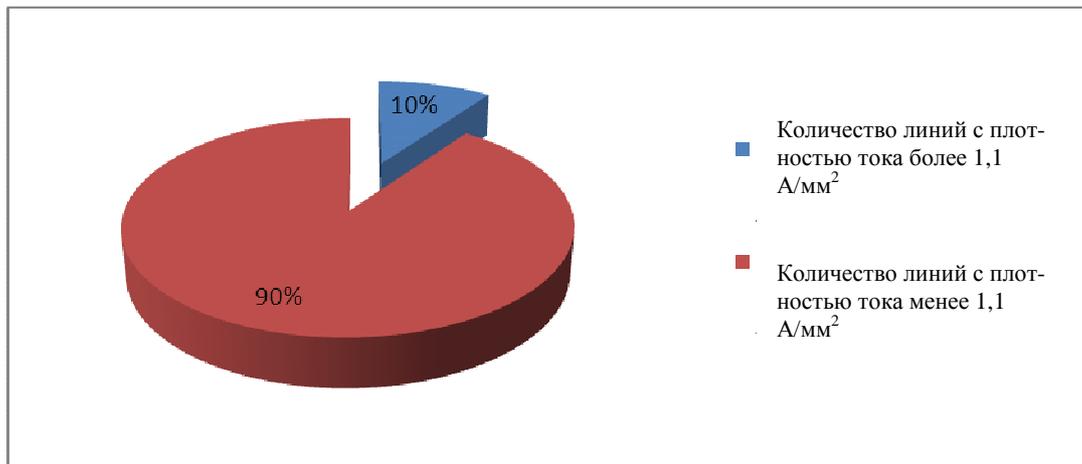


Рис. 3. Соотношение сечений проводов воздушных линий.

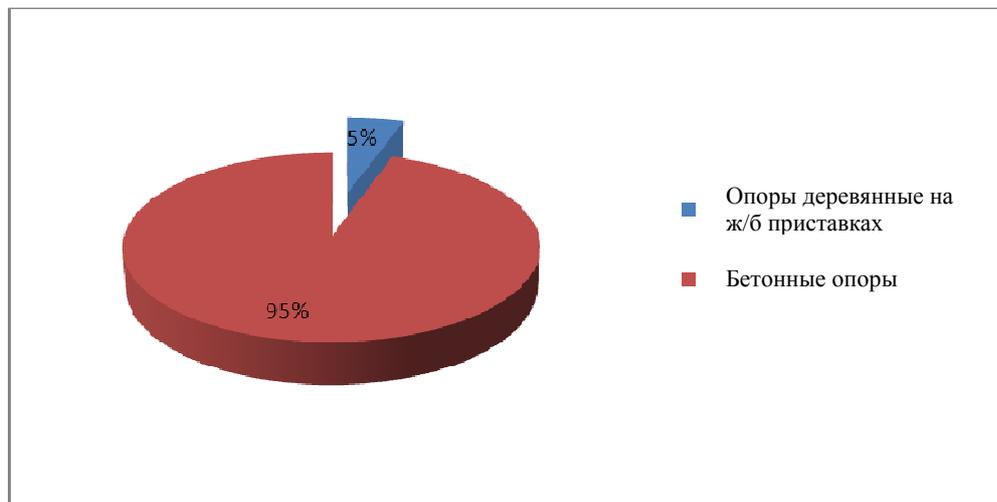
Воздушные линии 10 кВ выполнены преимущественно сталеалюминевыми проводами сечением 50, 70 и 95 мм<sup>2</sup>, однако в рассматриваемых сетях встречаются участки сети, выполненные сталеалюминевыми проводами малых сечений. Наличие таких участков в сети приводит к снижению надежности системы.

Загруженность линий электропередач представлена на рис. 4.

Срок эксплуатации и надежность линий электропередач зависят от каждого элемента линии, в том числе и от материала, используемого для изготовления опор. В рассматриваемой сети используются железобетонные и деревянные опоры на ж/б приставках. Железобетонные опоры имеют более высокую стоимость, чем деревянные, однако достаточно просты в сборке, монтаже и обслуживании, в отличие от деревянных не подвергаются гниению в процессе эксплуатации и



поэтому применяются достаточно широко. Структурный анализ используемых опор приведен на рис.



5.

*Рис. 4.* Соотношение линий электропередач по загруженности.

*Рис. 5.* Соотношение различных типов применяемых опор.

Конфигурация сети определяется взаимным расположением элементов и их категорийностью. Резервированные сети могут выполняться в виде двух отдельных линий, идущих по параллельным трассам, или в виде двухцепных линий. Нередко двухцепная линия не обеспечивает необходимой надежности, так как при повреждении опор, гололеде, ветре и т.п. возможен полный перерыв питания.

Замкнутые электрические сети – это резервированные сети. В таких сетях каждый потребитель получает питание не менее чем по двум ветвям. Замкнутые сети более надежны, чем разомкнутые. Недостатки таких сетей состоят в усложнении эксплуатации, трудностях при осуществлении автоматизации и селективности релейной защиты, выборе плавких предохранителей и тепловых автоматов.

#### **1.4. Анализ трансформаторных подстанций ТП-10/0,4**

Тамбовские электрические сети (ТРЭС) включают 337 трансформаторных подстанций. Из рис. 6 следует, что 16% всех подстанций распределительных электрических сетей ТРЭС являются ведомственными.

Главная схема электрических соединений каждой трансформаторной подстанции определяется рядом факторов: числом и мощностью установленных трансформаторов, количеством питающих линий и отходящих присоединений, гибкостью и удобством в эксплуатации. Для более наглядного представления используемых в рассматриваемых распределительных сетях ТП приведем их структурный анализ в процентах (рис. 7).

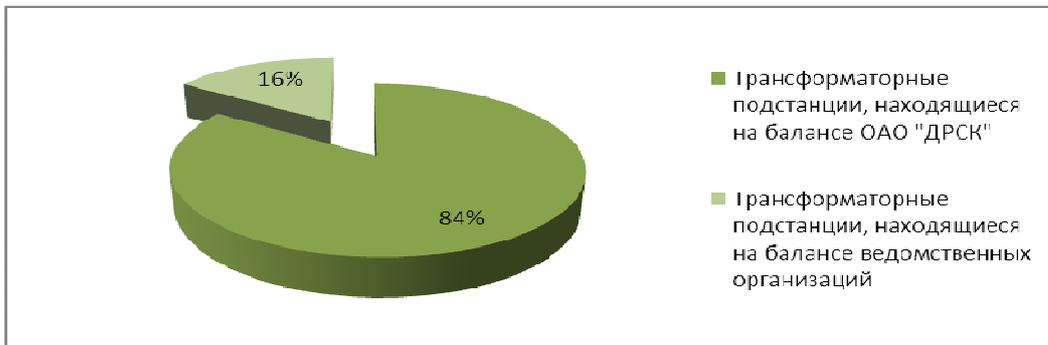


Рис. 6. Структура подстанций распределительных сетей в зависимости от собственника.

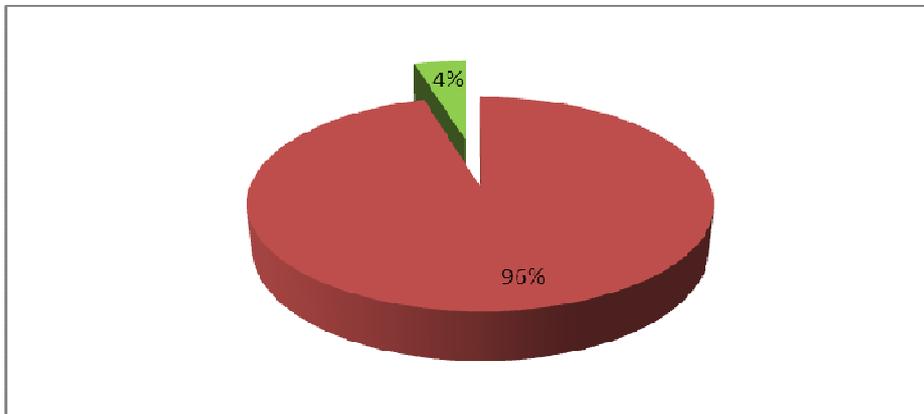


Рис. 7. Структура используемых в распределительных сетях ТП, в %.

Большую часть – 96% – составляют однотрансформаторные ТП, следовательно, основной составляющей являются потребители III категории. Количество двухтрансформаторных ТП – 4%, как правило, эти ТП питают потребителей I и II категорий.

### **1.5. Анализ состояния электрических сетей**

На сегодняшний день оборудование, установленное в сетях 10 кВ, физически и морально устарело, более 80% его выработало свой нормативный срок службы.

Аварии в сетях 6-10 кВ составляют около 70 % всех нарушений электроснабжения потребителей. Особенно тяжелые последствия вызывают массовые ветровые аварии на ВЛ.

Технический уровень и срок службы силовых трансформаторов и электрооборудования в значительной мере являются показателями надежности сети и определяют допустимые значения продолжительности отключений.

Сложившиеся РС построены по радиальному принципу и, как правило, состоят из ненадежных элементов (алюминиевые провода малых сечений, низкая механическая прочность опор, высокая повреждаемость КТП 10/0,4 кВ и др.). При этом практически отсутствует оборудование для автоматизации.

Сегодня в ОАО «ДРСК» развернута инвестиционная программа по реконструкции и техническому перевооружению распределительных электрических сетей, что способствует снижению отказов электрооборудования и увеличивает надежность электроснабжения потребителей.

## **Выводы**

Основными факторами, определяющими развитие сетей и экономические показатели деятельности сетевого предприятия, являются реконструкция и техническое перевооружение сетей, в т.ч. улучшение конфигурации сетей и применение нового оборудования, долгое время не требующего капитального ремонта.

Восстановление (реконструкция) сетей в прежних параметрах и полном объеме по экономическим и техническим причинам сегодня нецелесообразно. Новые условия изменили требования, предъявляемые к сетям, возникла настоятельная необходимость в их коренном обновлении, создании сетей нового поколения, отвечающих экономико-экологическим требованиям и современному техническому уровню распределения энергии в соответствии с требованиями потребителя. При рассмотрении вопроса о целесообразности реконструкции сетей с применением нового оборудования возникают три проблемы:

1. Определение оптимальных параметров оборудования с учетом его технического состояния и стоимостных показателей, применение которого будет способствовать росту экономической эффективности предприятия электрических сетей.

2. Оптимальный выбор сетевого электрооборудования в условиях многообразия предложений от производителей – поставщиков оборудования.

3. Оценка эффективности реконструкции (технического перевооружения).

Оптимизация жизненного цикла оборудования (материалов и конструкций) сети формирует ее параметры и определяет стоимость нового оборудования, сроки его окупаемости. Политика сетевых предприятий в области технического перевооружения и реконструкции сетей должна быть направлена на обеспечение:

своевременной замены морально и физически устаревшего оборудования, снижающего показатели надежности электроснабжения и качества электроэнергии;

замены оборудования с параметрами, не соответствующими требованиям сети по динамической и термической устойчивости, напряжению, безопасности и др.;

снижения потерь электроэнергии на передачу по распределительным сетям;

повышения живучести сетей (надежности электроснабжения) и их управляемости;

улучшения системы учета количества и качества получаемой и отпускаемой энергии;

восприимчивости (адаптации) к растущим электрическим нагрузкам, использованию новых средств автоматизации, новым технологиям обслуживания;

электрической и экологической безопасности.

### Технические направления реконструкции сетей

На трансформаторных подстанциях следует применять:

при нагрузке до 160 кВА столбовые трансформаторные подстанции (СТП) напряжением 10/0,4 кВ, упрощенной конструкции (с постепенным отказом от разъединителей и предохранителей);

герметичные трансформаторы специальных конструкций, позволяющие закреплять их на опоре (СТП);

при нагрузке свыше 160 кВА конструкции ТП «киоскового» или «закрытого» исполнения;

релейную защиту и автоматику на микропроцессорной основе;

автоматизацию сетей с использованием централизованных систем управления как составной части интегрированной системы управления производством, передачей, распределением и потреблением электроэнергии.

На воздушных линиях электропередачи:

все элементы ВЛ должны выдерживать расчетные механические нагрузки на данной территории с повторяемостью климатических условий 1 раз в 25 лет;

для достижения долговечности не менее 40 лет рекомендуется применять в основном деревянные опоры, обработанные консервантами. Железобетонные опоры должны быть рассчитаны на изгибающий момент стоек не менее 50 кН/м для ВЛ 10 кВ;

магистраль ВЛ 10 кВ необходимо выполнять на опорах с подвесной изоляцией (в габаритах 35 кВ);

при прохождении ВЛ 10 кВ по лесным массивам, в населенной местности и в стесненных условиях следует применять защищенные провода (с изоляцией из сшитого полиэтилена);

использовать самонесущие изолированные и защищенные провода;

сечение проводов на магистральных ВЛ должно быть не менее 70 мм<sup>2</sup> (по алюминию);

для автоматического секционирования и резервирования магистрали ВЛ 10 кВ и секционирования ответвлений нужно применять коммутационные пункты столбового исполнения с использованием вакуумных выключателей;

для повышения пропускной способности сетей 10 кВ в предстоящий период следует использовать вольтодобавочные трансформаторы, устанавливаемые на опорах ВЛ.