

Лекция 9.

«Расчет электрических нагрузок электрифицированного транспорта»

Системы питания тяговой подстанции городского электрифицированного транспорта. Достоинства и недостатки системы тяги постоянного тока. Пути совершенствования систем электрической тяги постоянного тока.

2. Цель расчетов устройств электроснабжения электрифицированного транспорта. Существующие методы расчета. Расчет рабочего тока тяговой сети. Расчет нагрузки тяговой сети. Расчет нагрузки тяговой подстанции.

Отличия электротранспорта от транспорта на бензине и дизельном топливе

- расходы на строительство и содержание
 - транспорт и экология
 - коэффициент полезного действия
 - потребление энергии

Системы питания тяговой подстанции городского электрифицированного транспорта

децентрализованная и централизованная

**каждая секция контактной
сети питается от двух
соседних тяговых ПС,
предусматривается взаимное
резервирование ПС по
проводам контактной сети**

**каждая тяговая ПС
осуществляет автономное
питание тяговой сети без
взаимного резервирования.**

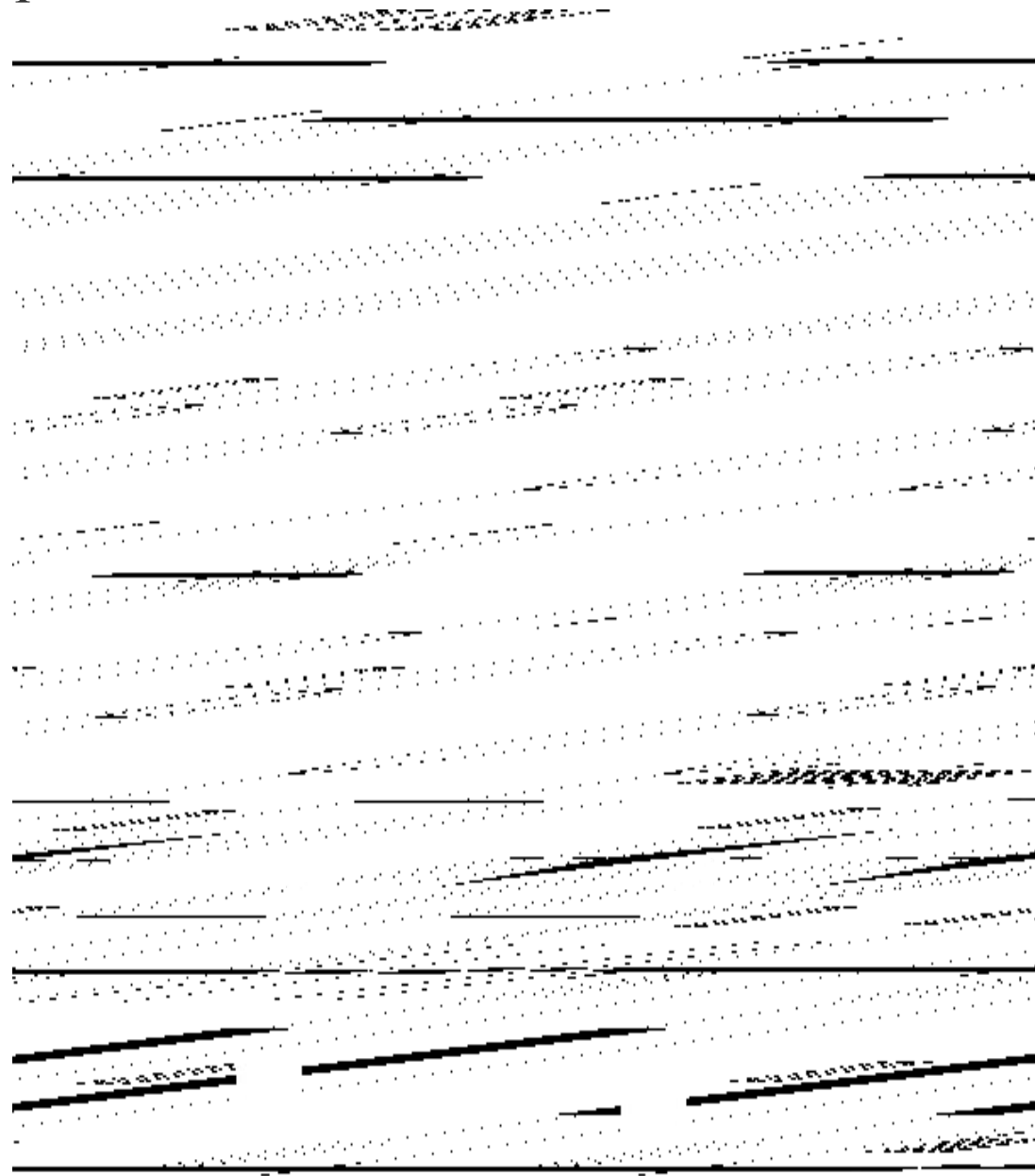
Системы электрической тяги

постоянного тока

переменного тока

- уровень подводимого напряжения - от 750 до 3000 вольт. (чаще всего 110...220 кВ).
- необходимость преобразования переменного тока высокого напряжения в энергию постоянного тока с уровнем напряжения, необходимым для работы цепей тяговых двигателей (чаще всего 3000 В).
- двойная трансформация напряжений, с питанием промежуточного уровня напряжения (обычно 10кВ) для питания не тяговых железнодорожных потребителей.

Принципиальная схема системы тягового электроснабжения 3 кВ



- А, В, С – фазы ЛЭП;
- ПТ – понижающий трансформатор;
- Р – шины нетяговых (районных потребителей);
- ТТ – тяговый трансформатор;
- ПВ – полупроводниковый выпрямитель;
- НВ – нейтральная вставка;
- ЭПС – электроподвижной состав

Достоинства системы тяги постоянного тока

1. Слабое электромагнитное влияние на смежные устройства электрических железных дорог
2. Отсутствие реактивных потоков по тяговым сетям и как следствие этого
3. Исключение необходимости использования средств компенсации реактивной мощности.
4. Экономия энергии при рекуперативном торможении

Основные недостатки системы тяги постоянного тока

1. Низкий уровень напряжения в тяговой сети, малые расстояния между тяговыми подстанциями - 15 км.
2. Значительное гальваническое влияние на подземные коммуникации (оболочки кабелей, трубопроводы и др.), устройства пути (крепёжные элементы), и арматуру контактной сети, что приводит к их коррозии.
3. Относительно большое сечение проводов контактной сети и значительный расход цветных металлов.
4. Сложность тяговых подстанций.
5. Наличие пусковых реостатов на электроподвижном составе, приводящих к значительным потерям при пуске, что особенно проявляется на ЭПС пригородного сообщения с частыми остановками и пусками.

Пути совершенствования систем электрической тяги постоянного тока 3 кВ

Для соответствия СЭ энерговооруженности современного ЭПС, необходимо увеличение мощности, поступающей от *тяговых подстанций*. Это связано со следующими факторами:

- Необходимостью обеспечения повышенных ускорений и высоких скоростей движения, что обуславливает более высокие пиковые нагрузки;
- Повышение интенсивности движения поездов приводит к росту доли работы системы в режиме полной нагрузки.
- Повышение уровня комфорта для пассажиров связано с увеличением мощности для питания бортовых систем подвижного состава.

Прогресс в трансформаторостроении

- использование трансформаторов с меньшими габаритами и массой в закрытых распределительных устройствах.
- совершенствование сухих трансформаторов открытого типа, что обеспечивает уменьшение стоимости, габаритов, массы и объема строительных работ,
- использование герметичных трансформаторов в виде литого блока, что значительно снижает эксплуатационные расходы в расчете на весь жизненный цикл, и проблемы с экологической точки зрения.

Изменения в схемах и конструкции *выпрямительных устройств* для тягового применения.

- переход на капсулированное исполнение и многофазную последовательную мостовую схему без плавких предохранителей.

Прогресс в *полупроводниковой* технике

- появлению капсульных силовых диодов
- 6-фазные выпрямители заменяются 12-, и 24-фазными
- использование последовательных мостовых схем
- перегрузочная способность обеспечивает надежность их работы на период действия защитных устройств.

- использование бесконтактных полупроводниковых выключателей, имеющих высокую стоимость и необходимость обеспечения изоляции цепей.
- широкое распространение — *блочные тяговые подстанции*.

Основными преимуществами блочных подстанций:

- низкая стоимость, вследствие более низких расходов на строительство здания;
- быстрота установки и ввода в эксплуатацию;
- снижение отказов в эксплуатации;
- облегчение пуска в эксплуатацию за счет выполнения полного цикла испытаний на заводе.

Цель расчетов устройств электроснабжения электрифицированного транспорта –

- выбор схемы питания и секционирования тяговой сети;
- выбор расположения тяговых подстанций, их мощности, типа и числа преобразовательных агрегатов;
- определение сечений проводов тяговой сети;
- выбор способов защиты от малых токов КЗ и ее расчет;
- определение основных технико-экономических показателей работы системы электроснабжения.

Существующие методы расчета систем электроснабжения ЭПС

- расчеты, основанные на конкретном графике движения (для метрополитена и пригородного движения с мотор-вагонной тягой)
- расчеты, основанные на заданных размерах движения (интенсивности движения в виде числа поездов определенного типа за расчетный период времени или временного интервала между попутными поездами на заданном участке.

Расчет рабочего тока тяговой сети
определяется на основе линейной плотности тока
в контактных проводах

$$I_{\text{ТС}} = 1,15 jLN,$$

где $I_{\text{ТС}}$ - рабочий ток тяговой сети, А;

j - линейная плотность тока, принимаемая для троллейбусов 10 А/км, для трамваев - 8,4 А/км;

L - протяженность участка трассы движения подвижного состава, км;

N - интенсивность движения подвижного состава (число троллейбусов или трамваев в час).

Нагрузка тяговой сети по постоянному току

$$P_{\text{ТС}} = U_{\text{ТС}} I_{\text{ТС}},$$

где $U_{\text{ТС}} = 0,6$ кВ - напряжение контактной сети.

Нагрузка тяговой подстанции

$$P_{\text{ПС}} = 1,3 P_{\text{ТС}} / 0,8,$$

где 1,3 - коэффициент максимума;

0,8 - коэффициент, учитывающий перегрузку подвижного состава.