

7 ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ

Для електрифікації транспорту застосовують постійний (випрямлений) струм напругою 275, 600, 1650 і 3300 В і однофазний змінний струм промислової частоти напругою 10,5 і 27,5 кВ. Номінальну напругу на струмоприймачі приймають відповідно 250, 550, 1500 і 3000 В при постійному і 10, 25 кВ при змінному струмі. На магістральній і приміській залізницях використовується однофазний змінний струм з частотою 50 Гц. Номінальна напруга приймача - відповідно 25000 В змінного і 3000 В постійного струму. Номінальна напруга приймачів промислового транспорту складає 10000 (6000) змінного струму. Залежно від призначення приймача може використовуватися напруга постійного струму 250 В для підземного транспорту, 3000, 1500 і 550 В для наземного транспорту, а напруги на шинах тягових підстанцій - відповідно 11000 (6000) В змінного і 275, 3300, 1650 і 600 В постійного струму. Тягові підстанції для міського транспорту на шинах мають напругу 825 В для метрополітену і 600 В для трамвая і тролейбуса постійного струму, номінальну напругу приймачів - 750 і 550 В.

Магістральні електровози, що працюють на постійному струмі, мають по 6 або 8 тягових двигунів з послідовним збудженням. Пуск здійснюється контактним-реостатним методом при трьох угрупованнях двигунів: послідовному, послідовно-рівнобіжному і рівнобіжному. На кожній із трьох безреостатних позицій можливі чотири ступеня ослаблення поля, тобто всього електровоз має 15 ходових позицій у режимі тяги. Електровоз і поїзд гальмуються механічно за допомогою стиснутого повітря. При числі тягових двигунів 8 при реостатному пуску двигуни з'єднуються: всі послідовно, паралельно дві групи по чотири послідовно з'єднаних двигуна і паралельно чотири групи по два послідовно включених двигуна. Крім пневматичного гальмування електровоз має рекуперативне гальмування при тих же угрупованнях двигунів. Електровози змінно-постійного струму за влаштуванням механічної частини подібні до електровозів постійного струму. Змінна напруга живлення 25 кВ на електровозі знижується за допомогою трансформатора і випрямляється напівпровідниковими випрямлювачами. Тягові двигуни постійного струму послідовного збудження живляться від випрямлювача, напруга якого під час пуску змінюється 33 ступенями від найменшого (початкового) до найбільшого

шляхом переключення виводів вторинної обмотки трансформатора і схемних рішень.

Для транспортного обслуговування цехів і складів застосовують електрокари вантажопідйомністю від 0,75 до 3 т і акумуляторні автонавантажувачі вантажопідйомністю від 0,5 до 1,5 т.

Допоміжні механізми, гальмове пневматичне устаткування, силова пускорегулююча і захисна електроапаратура в приміських електропоїздах і вагонах метрополітену розміщуються під кузовом. Електрична апаратура монтується у спеціальних захисних камерах, що підвішуються на ізоляторах до рами кузова. У трамвайних вагонах з безпосереднім керуванням і в тролейбусах, що мають відносно невелику кількість електроапаратури, прагнуть розмістити її в кабіні водія.

Вагони метрополітену і приміські електропоїзди мають групову автоматичну систему керування, що забезпечує роботу вагонів за "системою багатьох одиниць", тобто керування потягом виконується з одного поста, звичайно з першого (головного вагона), за допомогою поїзних проводів, що йдуть уздовж усіх вагонів.

Приміський потяг складається з 10-12 вагонів, половина з них моторні і половина причіпні. Два з причіпних є головними, кожен має пост керування і виготовляється обтічної форми. Електропоїзди обладнані пневматичними й електропневматичними автогальмами з високим коефіцієнтом натискання гальмових колодок. Для попередження заклинювання колісних пар при малих швидкостях зусилля натискання гальмових колодок автоматично знижується при зниженні швидкості за допомогою інерційного регулятора.

Потяги метрополітену повинні розвивати високе прискорення й уповільнення, тому всі вагони виготовляють моторними. Потяги складаються з однотипних вагонів. Вагони мають реостатне гальмування, при якому тягові двигуни працюють у режимі генераторів послідовного збудження. При зниженні швидкості вагона до 8-10 км/год, коли реостатне гальмування стає слабким, відбувається автоматичне включення пневматичного гальмування. Якщо при гальмуванні потяга за якимись причинами не збереться схема реостатного гальмування, то в цьому вагоні відбувається автоматичне включення пневматичного гальмування, що заміщає реостатне гальмування. Екстремне гальмування потягу здійснюється за допомогою пневматичних автогальм.

Трамвайні вагони мають групову автоматичну систему керування, що забезпечує плавний пуск при високому прискоренні і плавне реостатне гальмування, що використовується як службове. При малих швидкостях, а також несправностях у схемі реостатне гальмування

автоматично замінюється електромагнітним. Електромагнітне гальмування включається автоматично також при відпусканні педалі пильності. Для екстреного гальмування вагона використовуються рейкові гальма, живлення яких здійснюється від акумуляторної батареї. Вагони керуються автоматично за допомогою багатоступінчастого комутаційного апарата, що має 80 ступенів пуску і 100 ступенів реостатного гальмування, завдяки чому досягаються прискорення й уповільнення приблизно 1,5-1,8 м/с².

Тролейбуси мають групову автоматичну систему керування. У якості зупинного використовується реостатне гальмування, що діє в комбінації з пневматичним гальмуванням. При малому натисканні гальмової педалі виходить реостатне гальмування, при більш глибокому натисканні на реостатне гальмування накладається пневматичне гальмування. При екстреному гальмуванні педаль натискається до упору і на реостатне гальмування накладається пневматичне гальмування максимальної інтенсивності.

Тягові мережі працюють у своєрідних умовах, що відрізняються від умов роботи системи електропостачання інших промислових об'єктів. Навантаження тягової мережі змінюються в широких межах і безупинно переміщуються. Тягові двигуни рухомого складу можна переводити в генераторний режим, здійснюючи рекуперацію – передачу нагромаджень кінетичної енергії в тягову мережу. Тягова мережа рейкового транспорту несиметрична. Параметри контактної і рейкової мереж істотно розрізняються. Рейкова мережа шунтується ґрунтом, в результаті чого деяка частина тягового струму протікає по землі. Схеми з'єднання контактної і рейкової мереж звичайно розрізняються. Відзначені особливості ускладнюють розрахунок системи електропостачання й аналіз режимів її роботи.

Розрахунки системи електропостачання виконують на базі конкретних графіків або за заданими розмірами руху. Порядок електричного розрахунку тягових мереж за середніми розмірами руху наступний:

визначається середнє навантаження лінії для однобічного живлення

$$I_n = \sum I_i n_i \quad (7.1)$$

при двосторонньому живленні

$$I_n = \sum I_i n_i / 2, \quad (7.2)$$

визначається середнє навантаження підстанції $I_{n/cm} = \sum I_n$,

квадрат ефективного навантаження лінії для однобічного живлення:

$$i_{л,е}^2 = (\sum I_i n_i)^2 + \sum I_i^2 n_i (k_{ei}^2 - 1), \quad (7.3)$$

при двостороннім живленні

$$i_{л,е}^2 = (\frac{1}{2} \sum I_i n_i)^2 + \sum I_i^2 n_i (1,33k_{ei}^2 - 1)/4, \quad (7.4)$$

квадрат ефективного навантаження підстанції:

$$i_{н,е}^2 = (\sum I_l)^2 + \sum (I_{л,е}^2 - I_l^2). \quad (7.5)$$

Тут - I_i - середній потяговий струм за час ходу по ділянці кожного з потягів типу i , А;

n_i - середнє число потягів на ділянці (не обов'язково ціле число);

k_{ei} - коефіцієнт ефективності струму одного потяга.

Тягові підстанції на залізничному транспорті розташовуються на відстані 15-25 км на двоколійних і 20-30 км на одноколійних ділянках при постійному струмі, при змінному струмі - 45-50 км.

Число випрямних агрегатів N_a і їхня потужність для підстанцій постійного струму вибирають за умови

$$\begin{aligned} N_a &\geq I_{н/см.е} / I_{н.а} \\ N_a &\geq I_{н/см.маx} / k_{пер} I_{н.а} \end{aligned} \quad (7.6)$$

де $I_{н/см.е}$ - діюче значення струму підстанції; $I_{н.а}$ - номінальний струм агрегата; $k_{пер}$ - короткочасна перевантажувальна здатність агрегата; N_a - число робочих агрегатів. Звичайно приймають один резервний агрегат на двох підстанціях і одну пересувну підстанцію на чотири-шість стаціонарних.

Потрібна потужність на тягу трансформаторів тягових підстанцій змінного струму, кВА,

$$S_T \approx (2S_{Ta} k_{Ea} k_{Ma} + 0,65S_{Tb} k_{Eb} k_{Mb}) 0,8, \quad (7.7)$$

де S_{Ta} , S_{Tb} – розрахункові потужності по плечей а і b, кВА;
 k_{Ea} , k_{Eb} - коефіцієнти ефективності навантажень пліч живлення;
 k_{Ma} , k_{Mb} - коефіцієнти, що враховують припустиме перевантаження трансформаторів по навантаженню плечей а і b.

Повна розрахункова потужність триобмоточних трансформаторів, кВА,

$$S_{\text{розрах}} = S_T + S_P, \quad (7.8)$$

де S_P – районне навантаження;

$$S_P = \sum (S_{P_{\max n}}) k_{H,P} k_{M,P} k_{\Pi}, \quad (7.9)$$

де $S_{P_{\max n}}$ -максимальне районне навантаження n-го споживача;

$k_{H,P}$ – коефіцієнт нерівномірності районного навантаження;

$k_{M,P}$ - перевантажувальна здатність районних трансформаторів;

S – число районних споживачів;

k_{Π} - коефіцієнт попиту.

Тягові підстанції залізниць забезпечують електроенергією електричну тягу потягів і таких залізничних споживачів, як локомотивні і вагонні депо, майстерні, освітлення, зв'язок, автоблокування та ін. Одночасно тягові підстанції здійснюють електропостачання прилягаючих до підстанцій промислових, комунальних і сільськогосподарських підприємств. Тягові підстанції бувають опорні, проміжні транзитні, проміжні на відгалуженнях і тупикові.

Тягові підстанції метрополітену класифікують за способом розміщення – підземному і наземному, за місцем розташування на трасі – основні (біля станцій), вестибюльні (біля машинних залів ескалаторів), тунельні (на перегонах) і деповські (при депо). За призначенням бувають тягові, тягово-знижувальні (сполучені) й знижувальні. На двох останніх здійснюється живлення силових мереж і висвітлення пасажирських станцій.

Тягові підстанції міського електротранспорту за призначенням класифікують на трамвайні, тролейбусні й змішані. За системою електропостачання на децентралізоване електропостачання (підстанції одноагрегатні) і централізоване електропостачання (підстанції багатоагрегатні). Живлення рухомого складу трамвая здійснюється по контактному проводу (позитивної полярності) і по рейках, які виконують роль зворотного проводу, негативної полярності схеми

електропостачання. У зв'язку з недосконалістю ізоляції рейок щодо землі частина тягового струму відгалужується у ґрунт і далі замикається на негативну шину тягової підстанції. Ці струми не мають чітко виражених шляхів по землі, тому називаються блукаючими. Для ліній при проектуванні, споруд та експлуатації здійснюють наступні заходи щодо обмеження струмів витоку з рейок:

- збільшення провідності рейкової мережі шляхом влаштування електричних з'єднувачів на кожному температурному стику;

- збільшення перехідних опорів рейка-земля (влаштування шляхів на відособленому полотні, водовідводів, застосування ізоляційних баластів з бітумізованого піску, просочення шпал масляними антисептиками, влаштування ізоляції від залізобетонних шпал тощо.);

- відсутність робочого заземлення у негативної шини підстанції.