

УДК 621.333

А.Д. МАЛЫГИН, студент гр. ЭЭб-152 (КузГТУ)

Научный руководитель И.Н. ПАСКАРЬ, старший преподаватель (КузГТУ)
г. Кемерово

ВЫБОР ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ТРОЛЛЕЙБУСА

Повышенное внимание к экологии оказывает значительное влияние на развитие машиностроения. С задачей уменьшения вредных выбросов в атмосферу помогает справиться электрический транспорт. Одним из видов такого транспорта является троллейбус. Важным моментом, при проектировании или модернизации троллейбуса, является выбор его тягового электродвигателя. Эту проблему решает тяговый расчет троллейбуса. Задачей тягового расчета является определение необходимой мощности тягового двигателя и передаточного числа ведущего моста, обеспечивающих требуемые тягово-скоростные свойства троллейбуса в заданных условиях эксплуатации.

Проведем тяговый расчет для троллейбуса Тролза-5265 “Мегаполис”. Его технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики

Габаритные размеры, мм	11700/2500/3410
Вместимость, чел	100
Мест для сидения	18
Высота пола над уровнем проезжей части, мм	360
Дорожный просвет, мм	150
Колесная база, мм	5900
Максимальная скорость, км/час	60
Максимальный подъем при полной нагрузке, %	15
Снаряженная масса, кг	10580
Полная масса, кг	17380

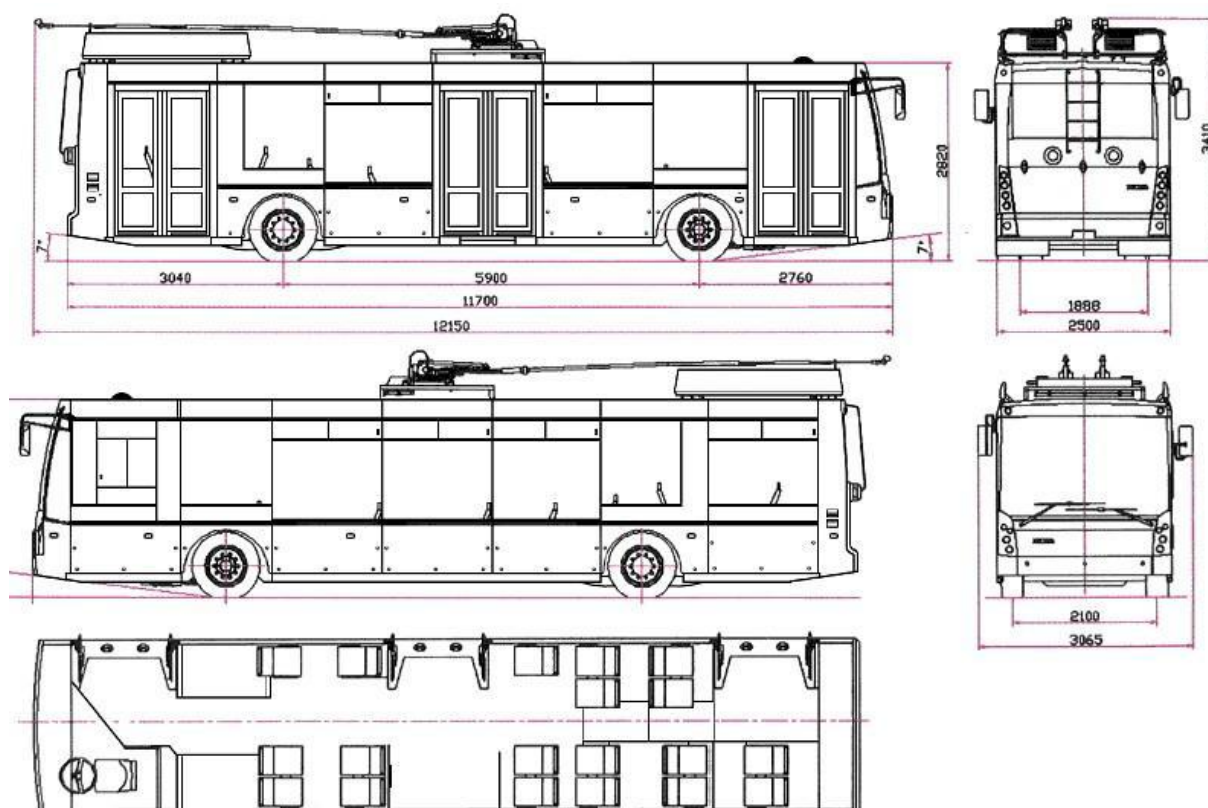


Рис. 1. Эскизная компоновка троллейбуса Тролза-5265 “Мегаполис”

Определение потребной мощности тягового двигателя.

Выбор потребной мощности тягового двигателя является одним из наиболее важных этапов тягового расчета троллейбуса. При повышенной мощности тягового двигателя улучшаются его динамические характеристики, возрастает средняя скорость движения, но увеличиваются габариты и масса тягового двигателя, размеры трансмиссии, что влияет на стоимость изготовления троллейбуса. При недостаточной мощности тягового двигателя троллейбус, обладая низкими тягово-скоростными свойствами, будет создавать помехи для более скоростных видов транспорта, движущихся в общем транспортном потоке. Выбор двигателя производится в два этапа: предварительный и проверочный расчеты.

1) Предварительный расчет

Потребную максимальную мощность $P_{\max}$ (кВт) тягового двигателя определяют из уравнения тягового баланса троллейбуса. Рассчитывают ее по формуле (1).

$$P_{\max} = \frac{v_{\max}}{3600\eta_{mp}} \left(gm\psi_{\partial} + \frac{k_{\epsilon} A_{\epsilon} v_{\max}^2}{3,6^2} \right), \quad (1)$$

где g —ускорение свободного падения;

m – полная масса троллейбуса, см. таблицу 1;

$v_{\max}$ – максимальная скорость троллейбуса, см. таблицу 1;

η_{mp} – КПД трансмиссии, является произведением КПД всех узлов трансмиссии, $\eta_{mp} = 0,88$;

ψ_{∂} – дорожное сопротивление, $\psi_{\partial} = 0,04$;

k_{ϵ} – коэффициент сопротивления воздуха, $k_{\epsilon} = 4,8$;

A_{ϵ} – площадь лобового сопротивления, высчитывается по эскизной компоновке троллейбуса, $A_{\epsilon} = 7,05 \text{ м}^2$.

По расчетам, максимальная мощность равна 177,8 кВт. По ней выбирается тяговый двигатель, имеющий близкую к требуемой мощность, желательно наиболее высокооборотный, но в то же время обеспечивающий нормальную величину передаточного числа ведущего моста. В таблице 2 представлены наиболее используемые тяговые двигатели и их технические характеристики.

Таблица 2

Наиболее используемые тяговые двигатели и их технические характеристики

Марка	ТАД-3М	ЭК-213	ДК-211БМ	ТАД-284L4	ДТА-5У1
Тип	Асинхронный	Асинхронный	Постоянного тока	Асинхронный	Асинхронный
Номинальная мощность, кВт	180	115	170	180	120
Максимальная частота вращения, об/мин	4000	3900	3900	3900	4000
Номинальное напряжение, В	407	550	550	377	450
Номинальный линейный ток, А	305	232	232	280	180

По данным, приведенным в таблице, можно сделать вывод, что по максимальной мощности подходят 2 двигателя: ТАД-3М и ТАД-284L4.

Далее необходимо провести расчет величины передаточного числа моста по формуле (2).

$$u_m = \frac{0,377 r_0 n_{\text{дв.мак}}}{v_{\text{мак}}}, \quad (2)$$

где r_0 – расчетный радиус ведущего колеса, $r_0 = 0,48$ м;

$n_{\text{дв.мак}}$ – максимальная частота вращения тягового электродвигателя, для ТАД-3М $n_{\text{дв.мак}} = 4000$ об/мин, для ТАД-284L4 $n_{\text{дв.мак}} = 3900$ об/мин;

$v_{\text{мак}}$ – максимальная скорость троллейбуса, см. таблицу 1;

Для двигателя ТАД-284L4 передаточное число получилось 11,76, а для ТАД-3М – 12,06. В троллейбусах применяются мосты с передаточным числом от 12 до 15. В итоге, единственным подходящим двигателем, из представленных в таблице, является ТАД-3М.

2) Поверочный расчет

В процессе этого расчета уточняются параметры выбранного тягового электродвигателя, и проверяется его работоспособность в наиболее тяжелых условиях.

Для проверки работоспособности тягового электродвигателя необходимо построить динамическую характеристику. Данные для построения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Данные для построения

Частота вращения двигателя ($n_{\text{дв}}$), об/мин	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Скорость троллейбуса (v), км/ч	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52	60
Динамический фактор, D	0,3	0,15	0,1	0,075	0,06	0,05	0,043	0,037

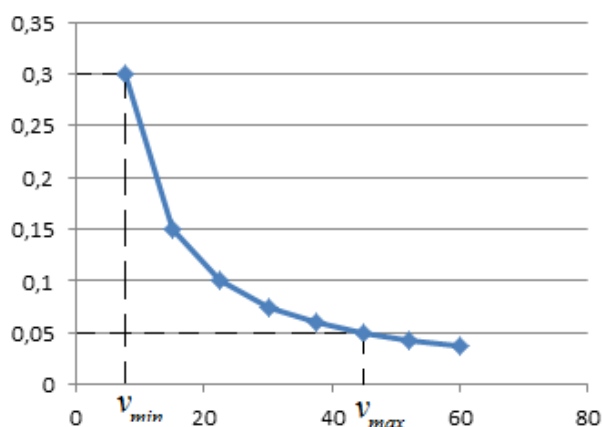


Рис. 2. Динамическая характеристика троллейбуса

На данной характеристике берутся точки, соответствующие наиболее характерным режимам работы троллейбуса: движение с максимальной скоростью и движение с минимальной скоростью.

В режиме максимальной скорости v_{max} динамический фактор равен 0,05. Тяговый двигатель в этом случае работает при максимальной частоте вращения и развивает при этом минимальный крутящий момент. Зная этот крутящий момент и частоту вращения вала, по характеристикам тягового электродвигателя определяют его КПД, потребляемую величину тока или напряжения.

Минимальная скорость движения v_{min} используется для преодоления троллейбусом максимального сопротивления (например: подъем с уклоном 20 градусов). В этом случае динамический фактор равен 0,3. Для нее так же, как и для первого режима, находят все оценочные параметры.

В заключение можно сказать, что выбор электродвигателя является одной из фундаментальных задач в проектировании или модернизации троллейбуса. Как показывает исследование, не все производимые двигатели подходят к одной модели транспорта. Правильный тяговый расчет предохраняет от производственных ошибок и оказывает значительное влияние на последующую эксплуатацию троллейбуса.

Список литературы:

1. Богдан, Н.В. Троллейбус. Теория, конструирование, расчет / Н.В. Богдан, Ю.Е. Атаманов, А.И. Сафонов; под ред. Н.В. Богдана.— Минск: Ураджай, 1999.—345 с.
2. Драчев, Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию для студентов заочного обучения спец. 180400. 2-е издание, дополненное.— Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002.—137 с.
3. Устройство и эксплуатация троллейбусов [Электронный ресурс] — Режим доступа: www.eltroll.ru/Troll_5265.php (дата обращения 10.11.2016)