

Направление подготовки: 140400 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электрический транспорт

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

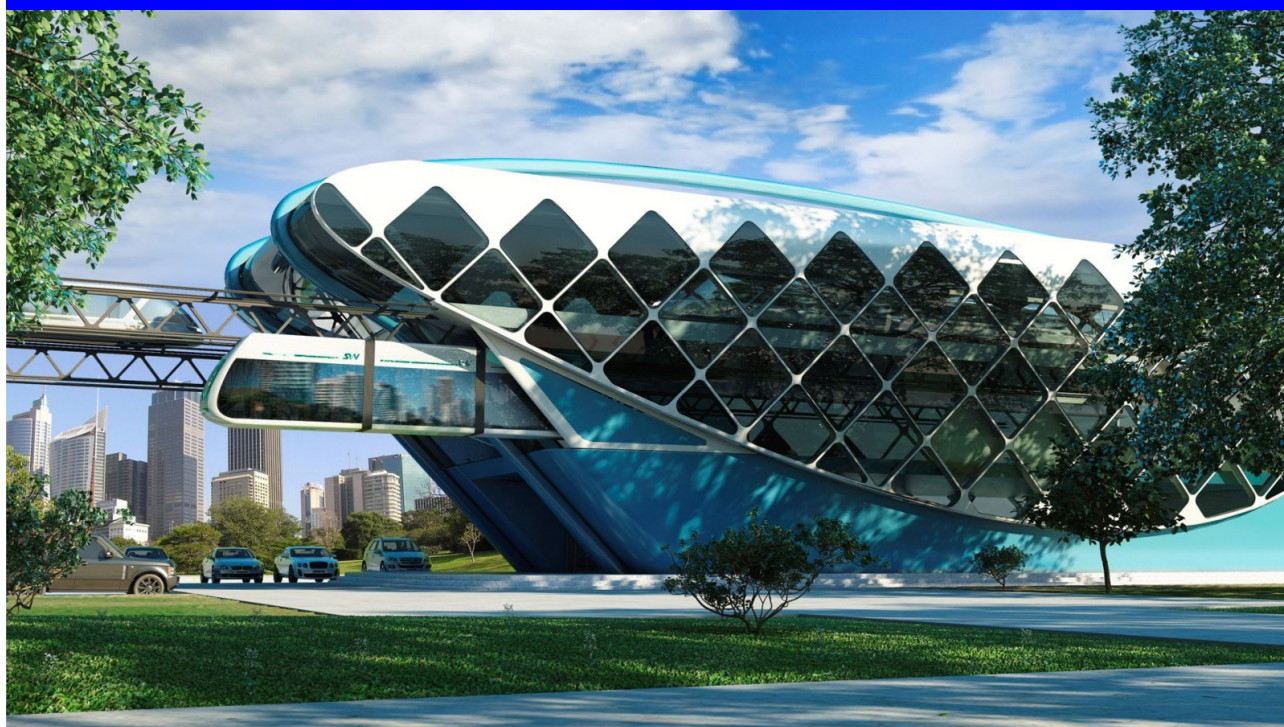
Дисциплина: "Электрооборудование и системы управления электроподвижным составом"

Комаров В.Г.

Методические указания к курсовому проекту

по дисциплине ЭО и СУ ЭПС

Часть 4



Москва — 2026

8. Имитационное моделирование нагревания тяговой электрической машины

8.1. Расчёт тепловых параметров тяговой электрической машины

Предварительно определяем удельную длительную мощность в $Вт/кг$ тяговой машины из условного цикла движения по формуле

$$P_{\infty} = \frac{3.6 \cdot A \cdot l \cdot m_{\text{в}}}{n \cdot t_{\text{ц}}},$$

где A — удельная энергия, реализованная вагоном в цикле, включая энергию электрического торможения по абсолютному значению, $Вт \cdot ч/т \cdot км$;

l - пробег в цикле, км;

$m_{\text{в}}$ — масса вагона, кг;

n — количество тяговых машин в вагоне;

$t_{\text{ц}}$ - длительность цикла, с.

Предварительно определяем теплоёмкость C в $Дж/°С$ тяговой электрической машины по удельной эквивалентной теплоёмкости c в $Дж/кг \cdot °С$ машин аналогичного типа по формуле

$$C = c \cdot m,$$

где m — масса рассчитываемой машины, кг.

Эквивалентная удельная теплоёмкость c для предварительного расчёта составляет $420 Дж/кг \cdot °С$.

Задаёмся предварительно КПД длительного режима $\eta_{\infty} = 0,92$, а КПД максимального режима $\eta_m = 0,86$.

Из паспортных данных определяем мощность потерь в машине в длительном режиме в $Вт/кг$

$$\Delta P_{\infty} = (1 - \eta_{\infty}) \cdot P_{\infty}.$$

Определяем максимально допустимое превышение температуры для изоляции используемого класса

$$\Theta_{\infty} = T_{\infty} - T_{\text{окр}},$$

где T_{∞} - абсолютное значение максимально допустимой температуры для используемого класса изоляции (для класса Н $T_{\infty} = 180^{\circ}С$);

$T_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды, $^{\circ}С$.

Определяем потребную теплоотдачу машины в $Вт/°С$

$$A = \frac{\Delta P_{\infty}}{\Theta_{\infty}}.$$

Рассчитываем постоянную времени нагревания машины в секундах по формуле

$$\tau = \frac{C}{A} .$$

Полученные значения параметров подставляем в обобщённую блок-схему модели нагревания тяговой машины. В случае перегрева машины в заданном цикле движения необходимо увеличить длительную мощность машины и пересчитать параметры.

8.2. Имитационное моделирование нагревания тяговой машины в предельных режимах движения

Блок-схема имитационной модели нагревания тяговой машины приведена на рис. 27.

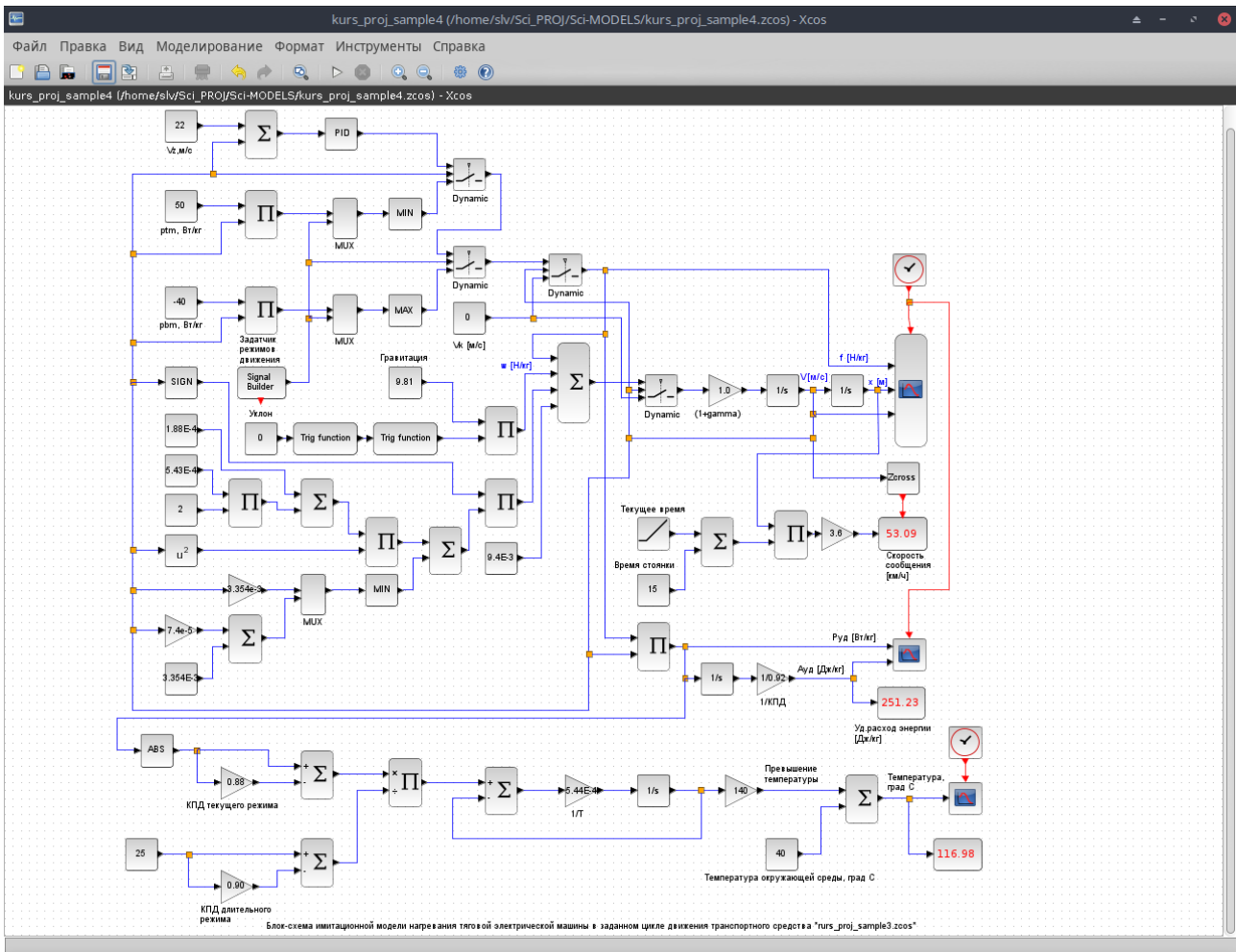


Рис. 27.

Результаты моделирования нагревания в условном цикле движения приведены на рис. 28, а на руководящем подъёме на рис. 29.

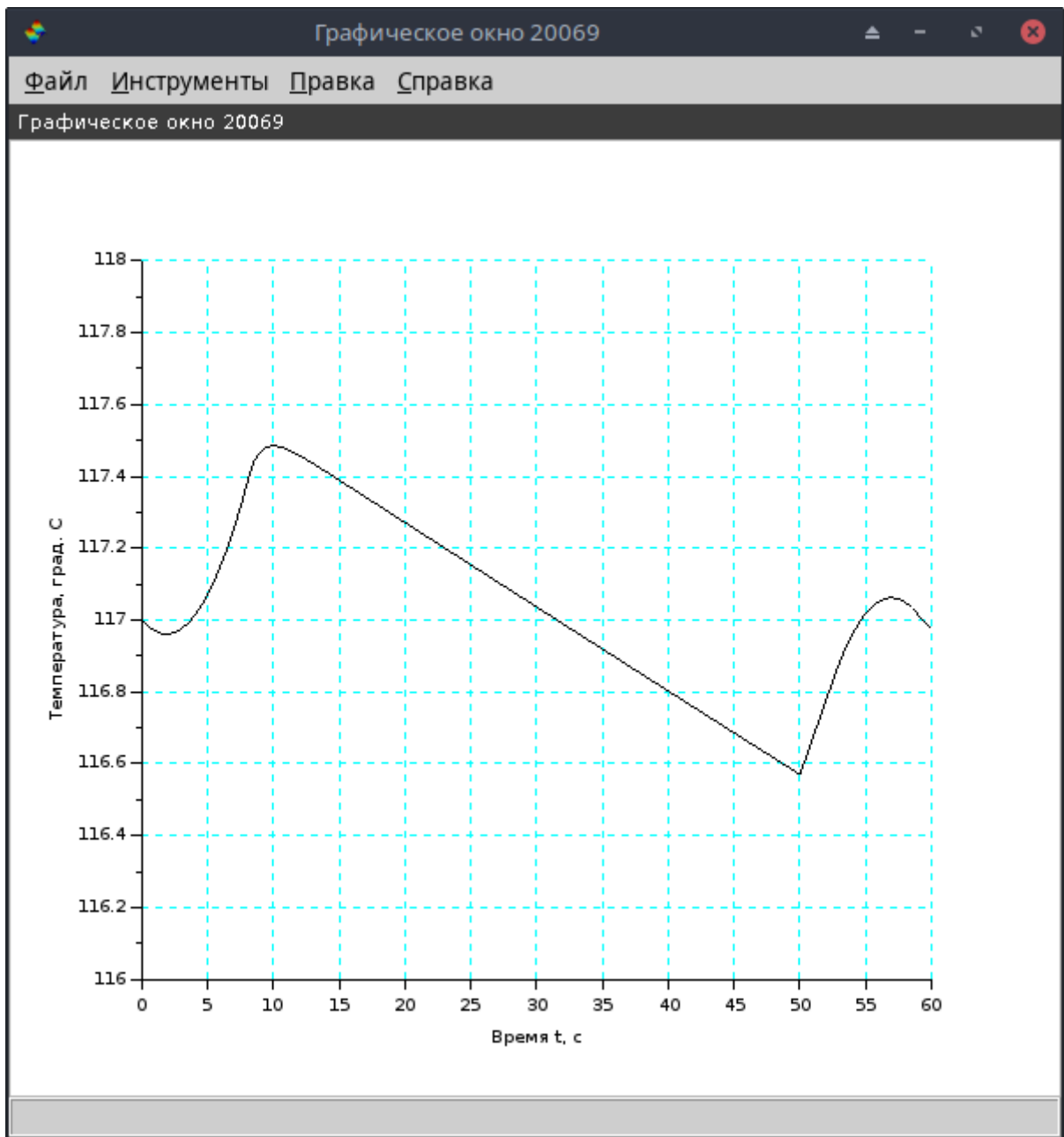


Рис. 28.

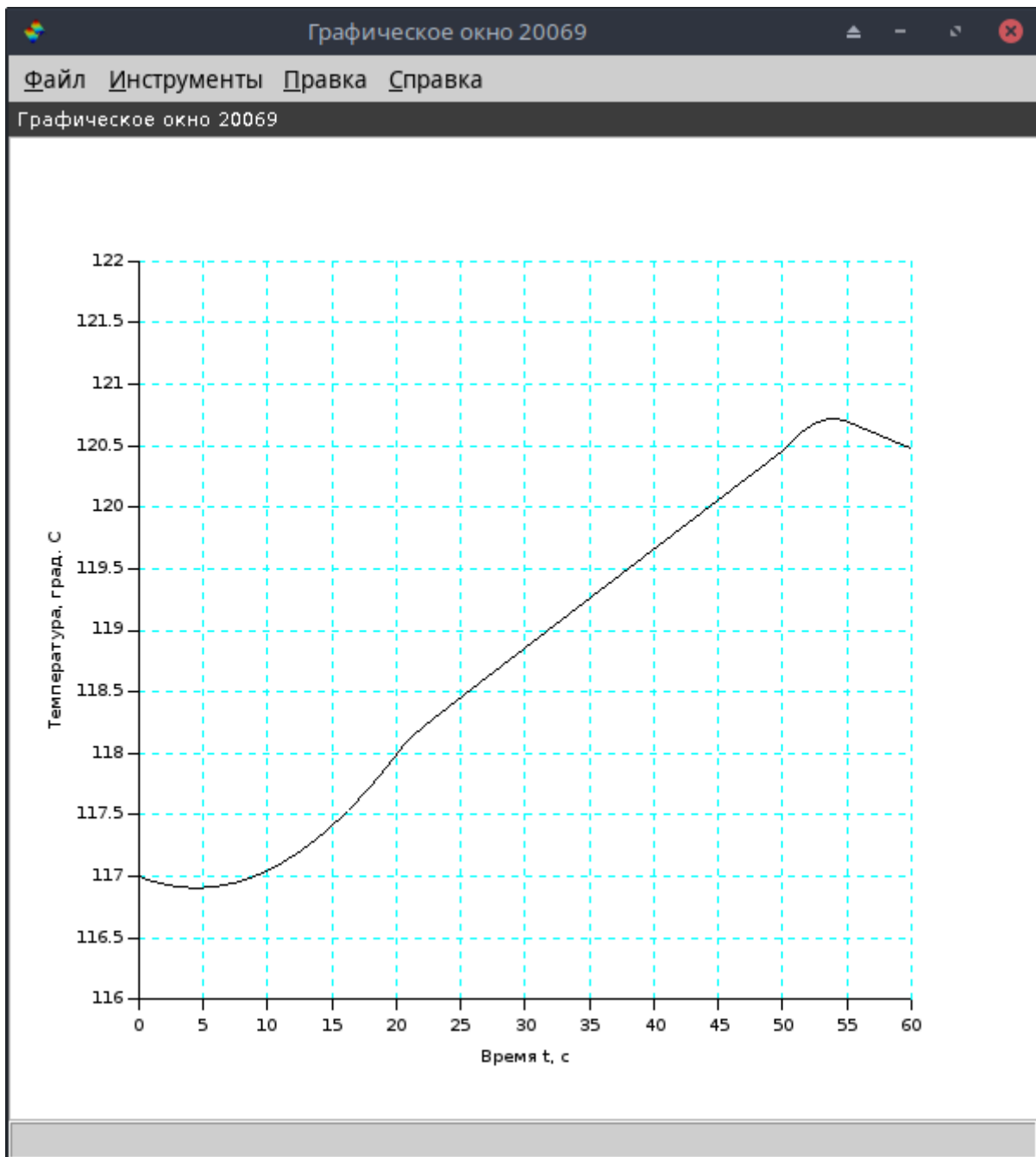


Рис. 29.

Вывод

Установившаяся температура тяговой машины в условном цикле движения не превышает допустимых значений для используемого класса изоляции Н (180 °С), запас по нагреванию составляет $180-117=63$ °С. На руководящем подъёме температура тяговой машины поднимается с установившегося значения 117 до 121 °С и также не превышает допустимых пределов. Запас по температуре составляет $180-121=59$ °С.