

УДК 681.518.5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ
НА ТЕМПЕРАТУРУ ЕГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В. Н. ПЕРЕЛЫГИН
ФГБОУ ВПО «ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
Иркутск, Россия

Для проведения тепловой диагностики оборудования электровозов во время движения необходимо учитывать погрешности инфракрасного контроля и способы их устранения, конструктивные особенности электрооборудования и его теплофизические характеристики, а также нормативные значения теплового состояния. Для разработки рекомендаций по допустимым уровням температуры типовых агрегатов и электрического оборудования электровозов необходимо также провести анализ экспериментальных данных распределения температуры деталей во время движения и изучить термограммы характерных неисправностей электрического и механического оборудования.

Лабораторией «Техническая диагностика» ИрГУПС проведен большой объем экспериментальных исследований по определению температурных полей электрического оборудования электровозов при движении в составе поездов грузоподъемностью около 6000 тонн на горном участке движения между станциями "Большой Луг" – "Слюдянка" Восточно-Сибирской железной дороги ОАО "РЖД". Путем анализа термоизображений получены массивы данных температуры таких деталей электровозов переменного тока ВЛ80р и ВЛ85 как: контакторы, быстродействующие переключатели, разъединители, низковольтные вставки и трансформаторы, реле, резисторы, выпрямительно-инверторные преобразователи (ВИП), выпрямительные установки возбуждения, силовые шины, шунты, кабели и их контактные соединения.

Обработка данных ряда поездок показала, что при движении на сложном, горном участке железной дороги температура некоторых деталей перечисленного выше оборудования электровозов, была близка или даже превышала предельно допустимые значения (25 % контактов силовых шин, 17 % ВИП).

Для определения зависимости температуры нагрева типового оборудования электровозов от температуры окружающей среды, профиля пути и силы тока использован метод регрессионного анализа [1]. Полученные данные подтверждают наличие зависимостей между искомыми параметрами, причем зависимость температуры нагрева от силы тока и от профиля пути имеет максимальные значения.

Влияние температуры окружающей среды на нагрев электроаппаратуры зависит от многих факторов: типа и вида электровоза, типа и вида мотор-вентилятора, целостности корпуса электровоза. Скорость движения не зависит непосредственно от силы тока, т.к. при увеличении скорости используются различные режимы ведения поезда (нагрузки электрооборудования), в том числе и режим ослабления поля для поддержания скорости и уменьшения силы тока. Поэтому, скорость не может напрямую влиять на нагрев оборудования электровоза.

Тепловой нагрев электрооборудования, как правило, определяется большим числом одновременно и совокупно действующих факторов. В связи с этим, возникает задача исследования зависимости температуры нагрева (зависимой переменной γ) от нескольких объясняющих переменных (силы тока, скорости движения, температуры окружающей среды и т.д.) x_1, x_2, \dots, x_n . Эта задача решается с помощью множественного регрессионного анализа [2].

Обозначим i -е наблюдение переменной y_i , а объясняющие переменные - $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$. Тогда модель множественной линейной регрессии можно представить в виде:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i,$$

где $i=1, 2, \dots, n$, а ε_i удовлетворяет основным предпосылкам регрессионного анализа.

Получено матричное уравнение вида

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i x_i \end{pmatrix},$$

откуда непосредственно следует система нормальных уравнений для не сгруппированных данных.

Предложенная методика применена для оценки многофакторного влияния на температуру нагрева различных параметров. В качестве базовых деталей выбраны силовые шины, поскольку они обладают средним значением теплофизических параметров контролируемых деталей и дают наибольшее число отказов, связанных с перегревом.

Построены диаграммы рассеяния анализируемых значений, найденные по линейным и нелинейным уравнениям регрессии. По полученным уравнениям регрессии построены области влияния рассматриваемых параметров (силы тока, скорости, температуры окружающей среды, крутизны) на температуру нагрева электрооборудования. Ниже представлены наиболее важные для анализа и практического значения области (рис. 1).

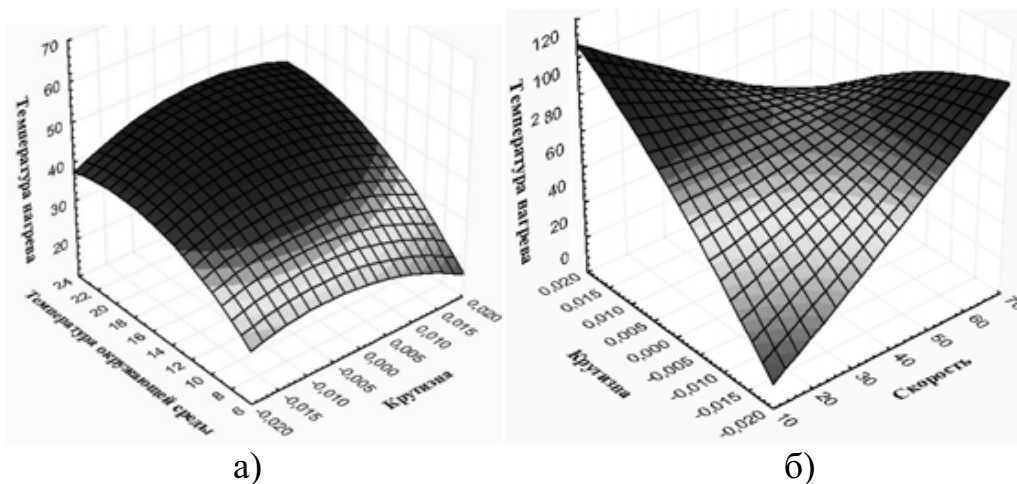


Рис. 1. Области влияния: а – крутизны и температуры окружающей среды на температуру нагрева шин; б – крутизны и скорости движения на температуру нагрева шин

Установлено, что максимальный нагрев деталей происходит при увеличении в положительную сторону крутизны профиля пути и маленькой скорости движения поезда, что связано с увеличением силы тока (рис. 1). Однако, из-за тепловой инерции деталей и чередования участков подъема, спуска и равнинного профиля пути пик нагрева приходится как раз на момент времени, когда локомотив уже сбрасывает максимальную силу тока. Выявлена зависимость возрастания температуры деталей при больших отрицательных значениях крутизны (рекуперация) и большой скорости, т.к. при увеличении скорости вращения двигателя в режиме генератора возрастает и сила тока, отдаваемая обратно в сеть.

В целом при анализе полученных данных, можно сделать вывод о том, что существует взаимосвязь между температурой нагрева, с одной стороны; силой тока, крутизной и температурой окружающей среды, с другой стороны. Влияние скорости движения состава на температуру нагрева деталей малозначимо, однако, исключать ее из рассмотрения нельзя, так как скорость оказывает влияние на другие факторы (силу тока в режиме тяги и рекуперации, напряжение). Используя полученные зависимости можно прогнозировать работу электрооборудования электровозов на сложных участках движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов, А. И. Прикладная статистика: учебник / А. И. Орлов. – М. : Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.
2. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : «Диалектика», 2007. – С. 912.

E-mail: pereligin_vn@irgups.ru