

УДК 621.333.047

Н.В. Клімченкова канд. тех. наук, доц., О.Ю. Резникова
Донбаська державна машинобудівна академія, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ТЯГОВОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ НЕУСТАЛЕНИХ ТЕРМОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

N.V. Klimchenkova Ph.D, Assoc. Prof, O.Yu. Reznikova

RESEARCH OF THE THERMAL STATE OF THE TRACTION ELECTROMECHANICAL SYSTEM ON THE BASIS OF ANALYSIS OF THE UNDEFINED THERMOMECHANICAL PARAMETERS

Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2025 роки, яку введено в дію наказом Міністерства транспорту і зв'язку від 14 жовтня 2008 року № 1259, спрямована на виробництво та оновлення власних потужних електровозів світового рівня та вимагає надійних тягових електродвигунів. Згідно з [1] близько 50% всіх відмов тягових електродвигунів (ТЕД) магістральних електровозів припадає на колектор, на якій впливають значні механічні зусилля. Методика розрахунку несталих температурних полів і температурних механічних напружень в елементах колекторів сучасних ТЕД набула особливої актуальності в даний час.

Колектори ТЕД працюють в умовах різного коливання електричних і механічних навантажень при змінах навколишньої температури. Початкові механічні напруги, які викликаються зтягом колектора болтами, створюються ще при збірці. Температурні механічні напруги виникають при операціях технологічного процесу виробництва, випробуваннях, в режимах експлуатації і зумовлені відмінністю температури та коефіцієнтів температурного розширення елементів, наявністю конструктивних зв'язків між елементами, що перешкоджають вільному зміні їхніх розмірів при змінах температури. Температурні механічні напруги накладаються на механічні напруги від сил зтягу і відцентрових сил, що виникають при обертанні колектора, істотно зменшуючи початковий запас міцності конструкції.

За наявними даними [1,2,3,4] у важких перехідних режимах температурні зусилля можуть підвищувати на 20 ... 30% величину механічних напруг, що мали місце в елементах колектора на початку режиму. Все це значно впливає на надійність роботи колектора і також тягового двигуна, які встановлені на магістральних електровозах. У [1-3] рекомендовано при розрахунку температурних механічних напруг у залежності від умов експлуатації використовувати відповідний коефіцієнт від 1,1 до 1,25. Це не може у повній мірі забезпечити експлуатаційну надійність ТЕД магістральних електровозів у перехідних режимах виробництва і експлуатації.

Колектор являє собою складну систему великої кількості конструктивно пов'язаних твердих тіл, для кожного з яких основним рівнянням при розгляді процесів передачі тепла являється диференціальне рівняння теплопровідності [1,2]. Вкоротити кількість цих рівнянь можливо з урахуванням геометричної симетрії конструкції. Таким чином математична модель теплових процесів колектора, може бути надана у вигляді системи рівнянь (1) - (5) та вирішена за допомогою теплових схем заміщення

$$P_1 = \theta_1/R_{10} + \theta_1 - \theta_5/R_{15} + \theta_1 - \theta_2/R_{12} + C_1 \cdot d\theta_1/dt \quad (1)$$

$$0 = \theta_2 - \theta_1/R_{12} + \theta_3 - \theta_2/R_{23} + C_2 \cdot d\theta_2/dt \quad (2)$$

$$0 = \theta_3 - \theta_2/R_{12} + \theta_3 - \theta_4/R_{34} + C_3 \cdot d\theta_3/dt \quad (3)$$

$$0 = \theta_4/R_{40} + \theta_4 - \theta_3/R_{43} + C_4 \cdot d\theta_4/dt \quad (4)$$

$$P_2 = \theta_5 - \theta_1/R_{15} + \theta_5 - \theta_0/R_{50} + C_5 \cdot d\theta_5/dt, \quad (5)$$

де P_1, P_2 – втрати потужності на поверхні колектору та ротору, Вт; $\theta_{i+1} - \theta_i$ - перевищення температури в вузлових точках схеми заміщення, °С. Рішення системи рівнянь (1)-(5) дозволяє отримати температурно-часові залежності елементів колектору та перейти до розрахунку несталих температурних механічних напруг.

Метою механічних розрахунків колекторів є визначення максимальних напружень в елементах конструкцій при всіх можливих температурних станах, що дозволяє виявити найбільш слабкі елементи проєктованого колектора і створити надійну конструкцію.

На елементи конструкції колектора як у технологічних режимах, так і в експлуатаційних режимах можуть діяти одночасно три види сил: сили, викликані зтягом

колектора болтами або іншими кріпивними елементами і виникають ще в процесі виробництва колектора; температурні механічні зусилля, зумовлені зміною температурного поля колектора і виникають у процесі виробництва, при випробуваннях, в експлуатації; відцентрові сили, що виникають при обертанні колектора. Температурні механічні зусилля виникають в колекторі внаслідок різниці температур і температурних коефіцієнтів лінійного розширення міді колекторних пластин і стали кріпивних елементів конструкції. Різниця в температурах міді і стали колектора залежить від конструктивного виконання, параметрів режиму, умов вентиляції і визначається при тепловому розрахунку колектора. Температурний коефіцієнт міді в 1,54 рази вище, ніж стали колектора. Так як сталеві кріпивні елементи колектора обмежують осьові деформації (мова йде про пружні деформації) комплексу колекторних пластин, то температурні механічні напруги визначаються різницею теплових деформацій міді і стали в осьовому напрямі і піддатливістю елементів колектора. Теплові деформації елементів конструкції відбуваються як за рахунок прямого подовження комплексу мідних пластин і стяжних болтів, так і за рахунок збільшення діаметра «ластів'ячого хвоста» кругової арки колектора та натискних конусів складових частин корпусу. У результаті отримує залежність, що характеризує зміну температурних механічних напружень в елементах конструкції колектора при несталому тепловому процесі або зміну первинних механічних напружень при одночасної дії відцентрових і температурних механічних зусиль. Аналізуючи криві зміни температурних механічних напруг, можна відзначити: температурні механічні напруги в елементах колектора під час експлуатування. За допомогою математичної моделі було встановлено, що механічні напруги проходять через явно виражений максимум, знижуючись за величиною до часу встановлення режиму, що зумовлено різницею в швидкостях змінення перевищень температури міді кругової арки і стали кріпильних елементів конструкції та раніше не могло бути враховане.

Література

1. Гуревич Э.И., Рыбин Ю.Л., Переходные тепловые процессы в электрических машинах. –Л.:Энергоатомиздат. – 1983. - 216 с.
2. Климченков В.Т. Приближенный расчет нестационарных температур и температурных напряжений коллектора электрической машины.- Изв.вузов. Электромеханика, 1982, № 1, с.40-48.
3. Климченков В.Т. Исследование и расчет температурных механических напряжений и температурных полей в коллекторах тяговых электродвигателей при неустановившихся режимах. Автореферат дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. - Ленинград, 1983. - 20 с. (Ленинградский политехн. институт им. М.И.Калинина).
4. Климченкова Н.В. Совершенствование технологии изготовления коллекторов электрических машин на основе анализа неустановившихся параметров. Автореферат дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. - Донецк, 2001. - 20 с. (Донецкий нац. техн. университет).