

Исследование теплового режима пусковых реостатов тяговых двигателей

Н. Кереселидзе

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია გამწვევი ძრავის საფეხურიანი რეოსტატის როლი გამწვების და მოძრაობის სიჩქარის რეგულირებაში. განხილულია ტემპერატურის გავლენის საკითხი გამწვებ სექციებში დენის თანაბარ განაწილებაზე, ცალკეული სექციების გადახურებაზე.

პროექტირების სტადიაზე, გამწვები რეოსტატის ტემპერატურული რეჟიმების სწორი შერჩევა, უზრუნველყოფს ოპტიმალურ თბურ რეჟიმს, მისი მუშაობის ეკონომიურობას და საიმედოობას.

საკვანძო სიტყვები: გამწვები რეოსტატი, გამწვევი ძრავი, ტემპერატურა, სექცია.

Summary

The article shows the role of step rheostat of traction engine in regulating the start mode and speed control. The article shows the role of the step rheostat traction engine start mode and speed control. The article discusses the question of the effect of temperature on the traction sections while equal distribution of energy, overheating of separate sections. The proper selection of starting rheostat at the design stage ensures optimal thermal conditions, efficiency and reliability.

Keywords: starting rheostat, traction motor, the temperature, section

Более 70% всего электропотребления железных дорог приходится на электропривод, что характеризует тот весомый экономический и технический эффект, который может быть получен путем совершенствования различных звеньев цепи электропривода. Важное практическое значение может иметь разработка и обоснование показателей и характеристик для оценки преимуществ и недостатков того или иного тягового электропривода, которые можно достиг современными методами математического моделирования.

В тяговых электроприводах электровозов постоянного тока с коллекторными двигателями наиболее широкое применение получило последовательное соединение обмоток возбуждения относительно цепи якоря, что обеспечивает

регулирование частоты вращения якоря путем изменения его напряжения от нуля до номинального. А расширение диапазона используемых скоростей движения производится путем ступенчатого ослабления магнитного поля возбуждения. При этом, решается ряд задач по обеспечению устойчивой работы тягового двигателя (ТЭД), а именно: уменьшение большой индуктивности в цепи якоря, включающая обмотку возбуждения, которая ослабляет броски тока при резких колебаниях напряжения контактной сети. Кроме того включение обмотки возбуждения в цепь якоря создает сильную отрицательную обратную связь по току, что облегчает задачу управления моментом, развиваемым двигателем, и стабилизирует процесс управления.

Регулирование скорости движения на локомотивах осуществляется изменением величины напряжения на зажимах тяговых двигателей и магнитного потока в их обмотках возбуждения.

На электровозах, где пусковой режим машинист изменяет в широких пределах в зависимости от веса поезда, профиля пути, условий сцепления необходимой скорости движения, чаще всего применяют неавтоматический ступенчатый реостатный пуск.

Правильно спроектированный, в температурном отношении, пусковой реостат электропривода создает наилучшие технологические условия в смысле качества производительности и делает легким, простым и надежным управление механизмом. Имеется ещё ряд условий – минимальная потеря энергии, экономичность, компактность и другие, но основным показателем качества всё же является обеспечение оптимального теплового режима.

Для проектирования электропривода требуется знать технологические процессы составляющих элементов привода: механизмов, двигателей, аппаратуры, сопротивлений.

Одним из важных элементов привода является сопротивление. Действительно, режим пуска, остановки и регулирование скорости в значительной степени определяет именно сопротивление. В электротяге тяговые электродвигатели значительную часть времени работают на искусственных характеристиках – в этих случаях важное значение имеет правильный подбор сопротивлений.

Назначение реостатного пуска заключается в поддержке необходимых значений пускового тока и пускового момента тяги в процессе разгона электроподвижного состава до выхода на ходовую ступень скоростной характеристики. Пусковой момент тяги и ток определяются условиями сцепления колес с

рельсами, заданным ускорением и способом реостатного пуска. Для длительной езды используют ходовые (автоматические) характеристики, получаемые при различных соединениях тяговых двигателей и разных коэффициентах регулирования возбуждения. Эти характеристики называют ещё экономическими в отличие от характеристик реостатного пуска.

Тяговые электрические приводы магистральных электропоездов в процессе преобразования подводимой к ним электроэнергии совершают определенную механическую работу, затрачиваемую на передвижение поезда. Во всех звеньях тягового электрического привода: пусковых резисторах (на электропоездах постоянного тока), тяговых двигателях и тяговых передачах -- происходит частичная потеря подводимой энергии.

При прохождении тока в сопротивлениях выделяется тепло и происходит повышение температуры. Поэтому в качестве материалов проводника и изоляции для сопротивлений должны применяться такие, которые могут длительно выдерживать высокие температуры нагрева. Работа при высоких температурах влечет за собой требование минимального температурного коэффициента материалов проводника, так как заданные величины сопротивления должны оставаться в процессе работы неизменными.

Физические процессы передачи тепла от поверхности твердого тела подвижной среде (например- воздуху) весьма сложны. В этом процессе участвуют по крайней мере три механизма: теплопроводности, лучеиспускания и конвекции. Каждый из них подчиняется своим законам, а доля их участия в суммарной теплопередаче может быть в разных случаях неодинаковой.

Условия нагрева реальных сопротивлений далеки от нагрева идеального тела в идеальных условиях, когда температура окружающей среды не изменяется с повышением температуры тела. Отличия состоят в следующем:

1) Теплопроводность материала сопротивлений не бесконечно велика, и поскольку образование тепла происходит приблизительно равномерно по всему объему, а охлаждение -- только с поверхности, поверхность имеет меньшую температуру, чем внутренние точки объема.

2) Теплоотдача происходит неравномерно со всей поверхности сопротивлений так как отдельные участки сопротивлений неодинаково омываются воздухом; соседние элементы сопротивлений, излучая энергию, воздействуют на отдельные участки сопротивлений и это все вызывает изменение теплоотдачи.

3) С увеличением температуры сопротивления окружающий его воздух несколько нагревается, и это уменьшает теплоотдачу по сравнению со случаем идеального тела.

4) Известно, что лишь тепло, отводимое путем теплопроводности, пропорционально разности

температур в первой степени; тепло, отводимое конвекцией, приблизительно пропорционально разности температур в степени 1,25; лучеиспускание же пропорционально разности температур в 4-й степени.

5) Теплоемкость сопротивления не постоянна, а немного возрастает с увеличением температуры.

Опыт показывает, что величина коэффициента теплоотдачи в значительной мере зависит от характера течения охлаждающей среды -- ламинарно оно ли турбулентно. Потoki воздуха нагнетаемого принудительной вентиляцией носят турбулентный характер и это объясняется наличием многочисленных выступов, неровностей и входов с острыми кромками.

Учесть все факторы влияющие на нагрев реального тела отказавшись от рассмотрения нагрева идеального тела, не представляется возможным ввиду сложности явлений. Поэтому приходится использовать законы, выведенные для идеального тела примирившись с небольшими погрешностями.

Исходя из того, что созданное тепло состоит из накопленного плюс отданного, легко выводится известное уравнение теплового состояния идеального тела:

$$\tau = \tau_{\infty} * (1 - \exp(-\frac{dt}{T})) + \tau_0 * \exp(-\frac{dt}{T}),$$

где τ , τ_0 , τ_{∞} -- превышение температуры тела в °C над окружающей средой соответственно через t секунд после начала, в начале и установившееся;

T -- постоянная времени в сек;

e -- основание натурального логарифма.

Количество тепла, выделяющегося в аппаратуре, прямо пропорционально квадрату тока, протекающему через данный элемент оборудования, т. е. зависит от режима его работы и схемы включения в общую цепь. Тепловой режим силового электрооборудования при постоянной температуре окружающей среды на данной позиции регулирования скорости локомотива определяется в конечном итоге током двигателя.

Так как отдача тепла в окружающую среду зависит от разности температур сопротивления и окружающего воздуха, в расчетах оперируют не абсолютной температурой нагрева сопротивления, а превышением его температуры над температурой окружающей среды -- перегревом τ .

В режим ведения поезда обычно входят следующие элементы:

--пуск, включающий в себя разгон поезда до выхода на выбранную ходовую характеристику локомотива;

--движение под током (при включенных тяговых двигателях) на реостатных позициях;

--выбег, движение при выключенных тяговых двигателях;

--подтормаживание, при крутых спусках для удержание скорости поезда на заданном уровне;

--торможение для снижения скорости перед предупредительными сигналами и остановками.

Условия работы локомотива характеризуются непрерывным изменением силы тяги, скорости движения, а значит и силы тока. Такой режим работы локомотива вызывается непрерывным изменением профиля и плана пути, различным уровнем допускаемых скоростей, а также необходимостью остановок поезда на раздельных пунктах.

Для пусковых резисторов электровозов обычно принимают следующие расчетные режимы:

--пуск от первой до последней позиции при расчетном значении пускового тока и пусковом ускорении 0,02—0,03 м/с² для пассажирских электровозов;

--длительная работа на любой ступени реостата при токе тягового двигателя 40-60% номинального;

--работа в течение 3-5 минут на маневровых позициях. Значение тока при этом определяется для каждой позиции при скорости равной нулю;

--движение по расчетному подъему на каждой из двух-трех позиций, предшествующих безреостатной, при длительной работе тяговых двигателей с расчетным пусковым током. Такой режим возможен для прекращения боксования колесных пар и предотвращения остановки поезда на расчетном подъеме.

Практические режимы нагрузок сопротивлений можно классифицировать следующим образом:

- 1) Длительный режим.
- 2) Кратковременный режим.
- 3) Повторно – кратковременный режим.
- 4) Перемежающийся режим – при котором сопротивление длительно загружено, но величина нагрузки периодически меняется.

В приближенных расчетах можно для периодов между переключениями с одной ступени на другую, изменение тока в функции времени в отдельном элементе сопротивления считать прямолинейным. Тогда представим себе графически изменение тока по позициям пускового реостата в одном из элементов одной из секций в следующем виде рис.№1

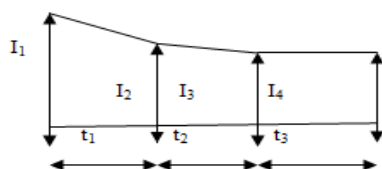


Рис.№1Предположительные величины токов в одном из элементов

Для приведенного рисунка определить эквивалентный по теплу ток можно по формуле:

$$I = \sqrt[3]{\frac{(I_1^2 + I_2^2 + I_1 I_2)t_1 + (I_2^2 + I_3^2 + I_2 I_3)t_2 + (I_3^2 + I_4^2 + I_3 I_4)t_3}{3(t_1 + t_2 + t_3)}}$$

Если бы рассматривались только две позиции реостата, то эквивалентный ток определялся бы как среднее арифметическое двух токов.

Для ступенчатого изменения сопротивления пусковой реостат делится на части (секции), которые в процессе пуска выключаются или соединяются друг с другом различным образом. Число элементов соединенных в секциях параллельно и соединенных последовательно в разных секциях неодинаково, чем и достигается разница в сопротивлениях секций. Путем различных комбинаций соединений секций между собой можно получить нужное, для определенной ступени, сопротивление пускового реостата

Так как не все секции реостата используются в каждой из пусковых позиций, то учет работы и простоя каждой из секций (и ее элементов) возможен только в индивидуальном порядке, имея блок-схемы расчета нагрева для отдельных элементов секций.

Литература:

1. Токов М.И., «Проектирование электрических машин», 2005, 214с
2. Ротанов Н.А., Захарченко Д.Д. и др «Проектирование систем управления подвижным составом электрических железных дорог», Транспорт, 2000г, 327с.
3. Тихменев Б.Н., Трахман Л.М., «Подвижной состав электрифицированных железных дорог», 1980, 471с.