

Объем электропотребления на участках железной дороги зависит от ряда параметров: от характера токовой нагрузки на участке, определяемого профилем пути; характера ведения поезда машинистом; организации движения поездов (количества поездов, весовых норм, скоростей движения); параметров системы тягового электроснабжения (внутренних параметров тяговых подстанций и тяговой сети).

В СамГАПСе на кафедре «Электроснабжение железнодорожного транспорта» проводятся работы, основанные на использовании в качестве исходной информации реальных показателей поучастковой поездной работы и электропотребления (база исполненных графиков движения по участкам, отражаемая системой ГИД «Урал-92» в ЕДЦУ Куйбышевской железной дороги и база данных показателей электропотребления «ТОК-С», применяемая на предприятии ОП «Энергосбыт» Куйбышевской ж.д.

Анализ показал, что наибольшее влияние на разброс оценки объемов электропотребления на участках (в привязке к кругам обращения локомотивов, участкам электроснабжения) оказывают время движения составов по участку; масса поездов; тонно-километровая работа; локомотиво-часы (коэффициенты корреляции колеблются в диапазоне 0,64 – 0,74). Таким образом, задача оценки, прогноза и нормирования объема электропотребления на участке во многом зависит от прогноза дислокации поездов в предстоящие периоды. Стандартные программные средства ГИД позволяют прогнозировать поездную ситуацию на участках без учета реально сложившихся участковых скоростей и времени простоя на станциях формирования и технического обслуживания. В связи с этим возникает необходимость создания методик и программных средств, предназначенных для прогнозирования движения поездов с учетом указанных особенностей, которая выдавала бы результат, наиболее приближенный к реальному.

В основе структуры программы должны лежать конкретные участки железной дороги, а алгоритмы прогнозирования, применяемые в программе, должны основываться на статистической обработке исполненного графика движения поездов и учитывать особенности пропуска поездов различной категории (грузовые, пассажирские скорые, местные и электропоезда) по этим участкам.

Обработка статистических данных, полученных на основе предлагаемого подхода на участке Абдулино – Октябрьск Куйбышевской дороги, показала возможность разброса по времени прохождения этого участка грузовыми составами в среднем до 60 % и отсутствие периодической составляющей в движении по времени отправления поездов. Полученные результаты указывают на то, что наибольшей прогнозной способностью на участках значительной протяженности (400 км) и включающим станции формирования и технического осмотра являются статистические модели, использующие в качестве оценок модальные значения распределений показателей поездной работы на участке. Увеличение точности оценки объемов электропотребления на участках возможно посредством внедрения технологий, повышающих ритмичность обслуживания поездов в пунктах технического обслуживания, введения в исполненный график движения жестких ниток графика, формирование поездов унифицированной весовой нормы. Данные мероприятия позволят повысить точность оценки объемов предстоящего электропотребления не ниже 70 % от фактического суточного и не ниже 90 % от фактического месячного объема электропотребления.

УДК 621.331:621.311

РАСЧЕТ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОЛИГОНА ДОРОГИ

А. Н. МИТРОФАНОВ, И. А. КРЕСТОВНИКОВ, М. А. ГАРАНИН

Самарская государственная академия путей сообщения

Интенсификация производства страны и реструктуризация МПС требуют поиска маршрутов, обеспечивающих перевозку грузов поездами унифицированной массы (6 000 т) по дорогам, не требующим значительных капитальных вложений в устройства и сооружения дорог (в частности, в систему тягового электроснабжения). Обеспечение требуемой провозной и пропускной способно-

сти при действительной весовой норме грузовых поездов возможно за счет сокращения интервалов попутного следования поездов в четном и нечетном направлениях, что требует расчета нагрузочной способности системы тягового электроснабжения.

Для расчета нагрузочной способности и определения мероприятий по усилению системы электроснабжения традиционно используются методы и программные средства имитационного моделирования. К наиболее известным, в частности, относится *NORD-3*, разработка ВНИИЖТа. Основными ограничениями использования данного программного продукта являются: малый полигон расчета (до 11 межподстанционных зон), что искажает характер токораспределения приграничных межподстанционных зон и увеличивает погрешность результатов расчета; отсутствие вариативного задания (в рамках стохастического представления) скоростей движения поездов, токовой нагрузки; отсутствие возможности задания пакетного режима пропуска поездов на однопутных участках с двухпутными вставками. Анализ программы показал погрешность токораспределения на границах расчетных участков в пределах 10–14 %.

В СамГАПСе на кафедре «Электроснабжение железнодорожного транспорта» по заданию Департамента электрификации МПС РФ была рассчитана нагрузочная способность системы тягового электроснабжения при пропуске поездов унифицированной массы 6 000 тонн. Расчет производился на разработанной идентификационной модели системы тягового электроснабжения, включающей в себя возможности моделировать процессы электропотребления на полигоне до 1000 км и включающей до 80–100 тяговых подстанций.

В основу модели, разработанной в Самарской государственной академии путей сообщения, также положен метод равномерного сечения графика движения поездов. Однако модель обладает следующими существенными преимуществами. Повышенная размерность позволяет производить расчет нагрузочной способности участков в пределах железных дорог (более 1000 км). График движения задается временем прибытия и отправления со станций каждого поезда. Временной диапазон для расчета превышает 24 часа, что позволяет производить расчет системы тягового электроснабжения в пределах суток. На участках межстанционных зон (10 – 20 км) кривые времени движения поезда корректируются на основе базы данных экспериментальных поездок исходя из массы подвижного состава и времени прохождения участка. Построение и расчет мгновенных схем производится на основе тяговой характеристики, которая может быть различной: полученной из базы данных экспериментальных поездок различных весовых норм или исходя из результатов тяговых расчетов. Причем токовая нагрузка может корректироваться на основе времени прохождения поездом участка, токовой характеристики электровоза и позиции контроллера. Для повышения точности расчетов в модели принята минимально возможная дискретизация сечения мгновенных схем.

Расчет системы тягового электроснабжения основан на методе расчета нагрузок тяговых подстанций постоянного тока с учетом их внешних характеристик. Исходными данными для расчета являются параметры тяговой сети и тяговых подстанций, влияющие на токораспределение нагрузки между фидерами подстанций.

Таким образом, данная модель позволяет произвести расчет нагрузочной способности системы тягового электроснабжения при различных вариантах графика движения поездов: реального графика с повышенными весовыми нормами, наличия окон, пакетного режима пропуска поездов, одиночного движения, наличия остановок и стоянок на станциях, расформирования и перестроения составов, движения поездов на участке с различной скоростью, пропуск на станциях пассажирских поездов грузовыми. Наличие базы данных более 80 экспериментальных поездок позволяет максимально точно произвести кривые поездного тока и поездную ситуацию на участках. Повышенная размерность позволяет производить расчет в пределах железных дорог, что делает модель полезной для оценки граничных возможностей системы электроснабжения дороги, синтеза систем тягового электроснабжения отдельных энергоучастков и анализа работы приграничных межподстанционных зон. Структура модели позволяет производить расчет однопутного участка, имеющего двухпутные вставки. Расчет таких участков осложняется тем, что на них нельзя задавать пакетный режим пропуска поездов смежных направлений. В модели эта задача решена путем моделирования движения поездов смежных направлений с пропуском на станциях, основываясь на реальных исполненных графиках движения поездов.

Модель также позволяет исследовать различные способы усиления системы тягового электроснабжения: строительство новых тяговых подстанций, установка передвижных тяговых подстан-

ций, усиление контактной сети, питающих и отсасывающих линий, установка более мощного оборудования на существующих тяговых подстанциях, установка новых постов секционирования и пунктов параллельного соединения.

В свете реорганизации железных дорог Российской Федерации особо актуальны способы усиления, минимизирующие капитальные затраты. В модели этим способом является повышение напряжения холостого хода на шинах тяговых подстанций. Кроме того, большая гибкость исходного графика движения поездов позволяет регулировать движение поездов на критических участках, т. е. исключить встречу тяжеловесных поездов смежных направлений на одной межподстанционной зоне.

Другой отличительной особенностью данной модели является возможность проверки максимальных токов проводов тяговой сети по условиям нагрева с учетом изменения температуры воздуха в течение суток. Это позволяет повысить нагрузочную способность контактной сети, а также питающих и отсасывающих линий по условиям нагрева проводов. Например, при проходе участка поездами повышенной массы в ночное время суток существует запас по нагреву.

Кроме этого, структура модели позволяет получать зависимости потери напряжения и токов, протекающих в тяговой сети, во времени. Также происходит и сравнение расчетных значений с допустимыми по условиям ПТЭ. Это дает возможность не только определять критические места системы тягового электроснабжения, но и фиксировать абсолютное время критических значений.

УДК 621.331:621.311

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ИХ ВАРИАТИВНОМ ХАРАКТЕРЕ

А. Н. МИТРОФАНОВ, И. А. КРЕСТОВНИКОВ, Д. А. МАШКОВ

Самарская государственная академия путей сообщения

В соответствии с политикой реформирования электроэнергетики, определенной Постановлением Правительства РФ № 526 от 11.06.01 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации», с 2003 года предполагается внедрение в практику работы предприятий технологии покупки электроэнергии на федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ФОРЭМ).

Один из ключевых моментов, определяющих эффективность выхода предприятий федерального железнодорожного транспорта на ФОРЭМ, связан с технологией оценки, заказа и оплаты электропотребления в текущий и предстоящие периоды на участках функционирования предприятий.

В качестве основной технологической операции для покупателя выступает технология «Краткосрочного планирования на сутки «X»», которая заключается в том, что каждый участник сектора свободной торговли в день «X-1» принимает решение, в какие часы суток «X» он желает участвовать в секторе свободной торговли. На все выбранные часы заявляет свое полное планируемое потребление электроэнергии и подает ценовую заявку на покупку электроэнергии. Заявленный покупателем полный планируемый часовой объем потребления является его плановым обязательством, и от него отсчитываются отклонения электропотребления, определяющие, в свою очередь, и ценовые отклонения от плановых.

В ходе проведения имитационных торгов предприятиям – потенциальным участникам торгов – были выдвинуты условия почасового планирования на 48 часов вперед. Очевидно, что при этом точность планирования (а как следствие, и эффективность работы на свободном рынке ФОРЭМ) будет зависеть от точности прогнозирования почасового электропотребления, которая, в свою очередь, определяется методикой и алгоритмами прогнозирования, а также характером процессов электропотребления.

В Самарской государственной академии путей сообщения с целью выработки методологии принятия оптимальных решений при работе предприятий на ФОРЭМ были выполнены работы по оценке уровней электропотребления на полигонах Куйбышевской железной дороги и по разработке алгоритмов прогнозирования потребления электроэнергии в предстоящие периоды.