

На основе проведенных исследований сектора «Диагностика» НИЦ Э и ЭТ БелГУТа были получены сравнительные данные по разным категориям машин, в зависимости:

- от возраста (периоды 1-5; 5-10; 10-15 лет и т.д.);
- от страны происхождения (Россия, Германия, Италия, Франция и др.);
- от вида ДВС (дизельные и карбюраторные).

Определено влияние технического состояния автомобиля на токсичность ДВС. Установлено, что максимальный предел увеличения токсичности достигается при отказе в работе двух свечей зажигания от 40 % для восьмицилиндрового до 80 % для четырехцилиндрового ДВС. Несвоевременная замена воздушного фильтра на карбюраторных двигателях дает 25-60 %, для дизельных ДВС он увеличивается до 50-80 %. Неисправность топливной аппаратуры увеличивает предел токсичности на 25-40 %. При этом изменение угла опережения зажигания на 5° в сторону запаздывания и величины зазора между контактами прерывателя - распределителя на 0,1 мм имеет наименьшую долю в увеличении токсичности ДВС - 3 - 8 %. Проанализированы другие неисправности и отклонения от правил технической эксплуатации агрегатов и систем автомобиля на токсичность двигателя.

Показана возможность снижения уровня дымности для различных типов автомобилей до предельно допустимого уровня согласно ГОСТ 21393-74 для дизельных и ГОСТ 17.2.2.03 для карбюраторных ДВС.

На основе полученных данных установлены особенности эксплуатации автомобилей и усовершенствована методика качественного регулирования ДВС, приводящая к уменьшению токсичности отработавших газов двигателей.

УДК 621.311

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЗЛА С МИНИМАЛЬНЫМИ ПОТЕРЯМИ МОЩНОСТИ НА ПЕРЕДАЧУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Д. Ж. НУРСЕИТОВ

Белорусская железная дорога

Д. В. БОБРИК, П. А. САМАРИН

Белорусский государственный университет транспорта

Построение системы электроснабжения железнодорожного узла осуществляется обычно поэтапно по мере роста числа потребителей и соответственно суммарной его нагрузке. Расположение трансформаторных и распределительных подстанций, в первую очередь, определяется наличием возможности их размещения на определенной территории узла и местоположением потребителей. При таком подходе схема электроснабжения узла не обеспечивает передачу электрической энергии от питающих центров потребителям с минимальными потерями электрической энергии. Большое значение при этом приобретает выбор наилучшей схемы электроснабжения, при которой токораспределение в силовых линиях оптимально для различных условий и режимов работы.

Критерием оптимальности в этом случае могут быть выбраны различные технико-экономические показатели, в том числе минимум потерь энергии. В качестве ограничивающих условий могут быть приняты следующие требования:

- любая подстанция (секция шин) должна получать питание от одного источника (для исключения появления паразитных уравнивающих перетоков электрической энергии по узлу);
- возможность электроснабжения потребителей I категории от двух независимых источников питания (отдельные пары подстанций должны питаться от разных вводов);
- качество энергии на шинах подстанций должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109-97.

Пусть некоторый узел электроснабжения имеет K_1 источников (вводов), $K_{\text{пр}}$ потребителей (трансформаторных и распределительных подстанций, отдельных секций шин) электрической энергии и K_2 силовых линий между источниками и потребителями, а также известны топология узла и следующие параметры:

- напряжения вводов в комплексной форме ($\underline{U}_1, \underline{U}_2, \dots, \underline{U}_{K_1}$);

- среднесуточный ток (среднесуточное значение мощности) подстанции (секции шин), приведенный к единому значению напряжения для всех подстанций, в комплексной форме ($I_1, I_2, \dots, I_{Kr}$);
- тип питающей линии (воздушная, кабельная) с заданием марки провода (кабеля);
- количество вставок (воздушных, кабельных) на линии (для k -й линии V_k);
- сопротивление трансформатора (для питающей линии, соединяющей две сети электроснабжения различного напряжения) в комплексной форме (для k -й линии $Z_{ТПК}$);
- длина линии питания (для k -й линии $l_k = \sum_{i=1}^{V_k} l_i$, где l_i – длина i -й вставки).

Мощность потерь на передачу активной и реактивной электроэнергии определяется соответственно по формулам:

$$P = \sum_{k=1}^{Kr} (I_k)^2 R_k; \quad (1)$$

$$Q = \sum_{k=1}^{Kr} (I_k)^2 X_k, \quad (2)$$

где I_k – ток k -й питающей линии; R_k – активное сопротивление k -й питающей линии, $R_k = \operatorname{Re}(Z_k)$; X_k – реактивное сопротивление k -й питающей линии, $X_k = \operatorname{Im}(Z_k)$.

Полное сопротивление k -й питающей линии

$$Z_k = \sum_{i=1}^{V_k} z_i l_i + Z_{ТПК}, \quad (3)$$

где z_i – погонное сопротивление i -й вставки.

Согласно заданной топологии узла требуется:

- рассчитать полные сопротивления питающих линий;
- определить все возможные варианты схем электроснабжения узла, соответствующих предъявляемым требованиям;
- рассчитать токи питающих линий для каждой из схем;
- определить потери активной и реактивной мощности в каждой схеме;
- провести сортировку полученных решений на основании выбранного критерия.

В качестве математической модели, описывающей схему электроснабжения узла, рекомендуется использовать матричное представление сложных энергетических схем, реализованное в теории графов.

Исходная схема электроснабжения может быть однозначно определена конечным неориентированным графом, который, в свою очередь, описывается матрицей инцидентности (соединений). При этом источники (ввода) и потребители (трансформаторные и распределительные подстанции) электрической энергии представляются в качестве вершин графа, а питающие линии (линии связи между ними) – ребрами графа.

Работниками дорожной электротехнической лаборатории Бел ж. д. и сотрудниками кафедры «Электрический подвижной состав» БелГУТа разработан пакет прикладных программ, обеспечивающих составление и преобразование основных топологических матриц, дающих аналитическое описание схем электроснабжения железнодорожного узла.

Вследствие значительного числа возможных вариантов электроснабжения узла ($\approx 10^9$ решений) необходимо провести исследование на возможность использования метода полного перебора, а также различных вероятностных алгоритмических методов (генетические алгоритмы, метод Монте-Карло) при анализе исходной схемы. На основании исследования дается обоснование о пригодности того или иного метода либо о необходимости их совместного использования на различных этапах решения задачи.

Множество возможных схем электроснабжения узла является постоянным (неизменным) и рассчитывается однократно. В результате выполнения расчетов токов и потерь для схем из этого множества и последующей их сортировки определяется схема, соответствующая нормальному режиму электроснабжения.

По предложенной методике была разработана оптимальная схема электроснабжения одного из железнодорожных узлов Бел ж. д., дающая минимум потерь энергии в часы максимума суточного графика потребления энергии. Перевод узла на такую схему электроснабжения позволил сократить потери электрической энергии в линиях электропередач на 20 % с обеспечением устойчивого режима работы электрической цепи.