

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ

И. С. ЕВДАСЕВ, В. А. ИВЛЕВ, Д. В. ШВЕДКОВ

Белорусский государственный университет транспорта

В. В. САВЕНКОВ

Белорусская железная дорога

На значение потерь электроэнергии в сетях оказывает влияние большое количество различных факторов. Влияние совокупности факторов имеет сложный, вероятностный характер, поэтому для ранжирования влияющих факторов и определения наиболее значимых из них целесообразно применение регрессионного и корреляционного анализа.

Первоначальный набор учитываемых влияющих факторов и их функциональную зависимость представляется возможным выделить на основании анализа метода расчета потерь электроэнергии в электросетях среднего напряжения (10 кВ) с малой загрузкой. К числу влияющих факторов предварительно можно отнести: объем отпускаемой в сеть (потребляемой из сети) электроэнергии, длину линий электропередачи, суммарную длину кабелей, количество трансформаторов на подстанциях, суммарную мощность трансформаторов, количество вводных фидеров (отдельных разомкнутых электросетей). Для создания представительной выборки необходимого объема исследованы сети железнодорожных узлов Гомельского, Барановичского и Могилевского отделений Белорусской железной дороги.

В прикладном пакете Statgraphics Plus 5.0 методом пошагового регрессионного анализа получена вероятностно-статистическая модель потерь электроэнергии в слабонагруженных сетях, которая может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \Delta W_a = 0,019W_a + 1,856L_{\text{каб}} + 0,007S_{\Sigma} + 2,538N_T, \text{ при } N_T \leq 5; \\ \Delta W_a = 0,024W_a + 2,567L_{\text{каб}} + 0,014S_{\Sigma} + 1,54N_T - 1,361N_u, \text{ при } N_T > 5, \end{cases}$$

где W_a – отпуск электроэнергии в сеть (потребление от энергосистемы), тыс. кВт·ч; $L_{\text{каб}}$ – суммарная длина кабельных линий электропередачи в рассматриваемой сети (сгруппированных сетях), км; S_{Σ} – суммарная мощность работающих силовых трансформаторов на подстанциях, кВА; N_T – количество работающих силовых трансформаторов на подстанциях; N_u – количество «однородных» участков линий электропередачи.

Для верификации вероятностно-статистического метода и заключения о целесообразности его применения необходимо провести сравнение погрешностей результатов, полученных по этому методу и методу инструментального определения потерь энергии в сетях. Традиционный инструментальный метод определения потерь энергии в сети предусматривает их расчет по разности принятой и отпущенной из сети электроэнергии, регистрируемой измерительными комплексами. Погрешность этого метода при допущении, что коммерческие потери в сети равны нулю, обусловлена метрологическими характеристиками системы измерения. Принимается, что количество измерительных комплексов в точках поступления электроэнергии в сеть равно количеству вводных фидеров, а в точках отпуска – количеству трансформаторов, тогда случайная погрешность всей измерительной системы определяется по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \pm 1,1 \sqrt{0,95 \left(\frac{\delta_{пз}}{100} \frac{1}{N_v} \right)^2 N_v + 0,95 \left(\frac{\delta_{от}}{100} \frac{1 - \Delta W_a / W_a}{N_T} \right)^2 N_T} \cdot 100 \%,$$

где $\delta_{пз}$ – случайная относительная погрешность одного измерительного комплекса в точке поступления электроэнергии в сеть; N_v – количество вводных фидеров (отдельных разомкнутых электросетей); $\delta_{от}$ – случайная относительная погрешность одного измерительного комплекса в точке отпуска электроэнергии из сети.

Погрешность инструментального метода определим как отношение случайной погрешности измерительной системы к значению (в процентах) потерь электроэнергии в сети:

$$\delta_{им} = \delta_{\Sigma} \frac{W_a}{\Delta W_a}.$$

Сравнение двух выборок погрешностей инструментального и вероятностно-статистического методов проведено путем дисперсионного анализа в пакете Statgraphics Plus 5.0. Функции плотности распределения вероятностей погрешностей исследуемых методов представлены на рисунке 1.

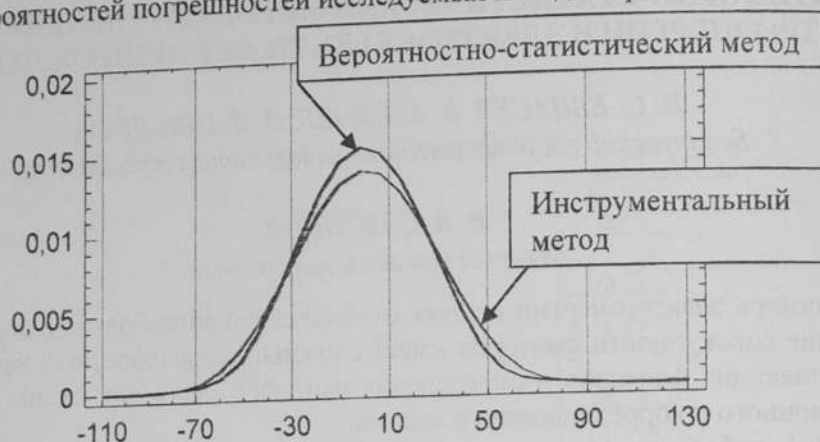


Рисунок 1 – Функции плотности распределения вероятностей погрешностей методов определения потерь электроэнергии в сетях

При проведении дисперсионного анализа в качестве нулевой гипотезы принята гипотеза о равенстве двух выборок, в качестве альтернативной – гипотеза, что среднеквадратичное отклонение выборки вероятностно-статистического метода меньше среднеквадратичного отклонения выборки инструментального метода. Результаты анализа показали, что верна альтернативная гипотеза, так как уровень значимости критерия (вероятность отклонения верной нулевой гипотезы) равен $0,00001 < 0,05$.

В результате исследований доказано, что разработанный вероятностно-статистический метод для определения потерь электроэнергии в слабонагруженных сетях железнодорожных узлов является адекватным, так как его погрешность меньше погрешности инструментального метода, и целесообразен для практического использования в оперативных расчетах. Область применения разработанного метода охватывает только электросети железнодорожных узлов Гомельского, Барановичского и Могилевского отделений Белорусской железной дороги. Для применения разработанного метода к другим железнодорожным узлам необходимы дополнительные исследования.

УДК 502.3:656.2(476)

ОЧИСТКА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Н. П. ЗЯБКИН, В. Н. АБРАМЧИК

Белорусский государственный университет транспорта

Состояние природной среды является одним из важнейших факторов, определяющих жизнедеятельность человеческого общества.

Защита воздушного бассейна от загрязнений промышленными выбросами – одна из важнейших проблем, затрагивающих все страны мира. В настоящее время объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу чрезвычайно велик: ежегодно только в Республике Беларусь ежегодно выбрасывается в атмосферу более 700 тыс. т оксидов углерода, около 135 тыс. т оксидов азота, 250 тыс. т углеводородов, более 72 тыс. т твердых веществ. Преобладающая часть из них производится передвижными источниками (более 70 %). Большая часть выброшенных в атмосферу оксидов азота и углерода, а также углеводородов обусловлена работой транспорта, в том числе и железнодорожного. Наоборот, вклад стационарных источников в выбросы диоксида серы и твердых веществ значительно выше, чем у передвижных.

Белорусская железная дорога играет важную роль в транспортно-промышленной структуре Республики Беларусь. Соответственно велика доля дороги и в формировании всего комплекса загряз-