

Б.А. Демидович¹¹ ООО «СоюзКомплект» (Москва, Россия).

АНАЛИТИЧЕСКО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА КОРРОЗИИ «АНАЛИТИК»

В условиях постоянного повышения требований к защищенности объектов трубопроводного транспорта от почвенной коррозии становится недостаточным контролировать исключительно параметры электрохимической защиты. Для полноценной оценки и прогнозирования коррозионного состояния объектов необходим комплекс аппаратно-программных решений, позволяющий производить адаптацию действующей системы ЭХЗ к изменениям изоляционного покрытия трубопроводов, а также климатическим, сезонным и гидрогеологическим изменениям в режиме реального времени с учетом текущего коррозионного состояния. Повысить эффективность ЭХЗ можно лишь при учете всех факторов, влияющих на противокоррозионную защиту объектов.

Аналитическо-управленческий комплекс «Система комплексного мониторинга коррозии (СКМК.СК) «АНАЛИТИК» – специальное программное обеспечение, разработанное на основе современных интеллектуальных информационных технологий в целях повышения степени автоматизации решений логико-аналитических задач управления системой ЭХЗ, основанных на статистической обработке данных и вероятностном моделировании.

СКМК.СК «АНАЛИТИК» имеет гибкую, наращиваемую модульную структуру, формируемую под каждую конкретную структуру магистральных трубопроводов (МТ). Комплектность системы определяется при разработке модулей автоматизации для конкретного объекта МТ. Система состоит из блоков коррозионного мониторинга и управления (БКМУ.СК), установленных в контрольно-измерительных пунктах (КИП.СК) и осуществляющих мониторинг (управление) параметров ЭХЗ, аппаратно-про-

граммных модулей (АПМ) нижнего уровня, установленных на станциях катодной защиты (СКЗ-М.СК) или блок-боксах, и АПМ верхнего уровня (АРМ-ЭХЗ).

АПМ нижнего уровня предназначены для непрерывного автоматического контроля параметров объектов (СКЗ-М.СК, БКМУ.СК) и оперативного адаптивного управления ими в зависимости от изменения условий эксплуатации и внешней среды.

В основу оптимизации работы системы положен метод последовательного улучшения плана (симплекс-метод) по минимизации некоторой целевой функции. В качестве целевой функции F принимается суммарный ток всех СКЗ, которую требуется минимизировать.

$$F = I_1 + I_2 + \dots + I_m \rightarrow \min, \quad (1)$$

где I_i – абсолютное значение тока защиты i -й СКЗ ($i = 1, 2, \dots, m$). Наведенный защитный потенциал во всех узлах сети не должен быть

меньше (по модулю) минимального защитного потенциала $U_{3\min}$.

Для выполнения этого ограничения необходимо записать систему линейных уравнений:

$$Z_{i1}I_1 + \dots + Z_{ik}I_k + \dots + Z_{im}I_m \geq U_i - U_{3\min}, \quad (2)$$

при $i = 1, 2, \dots, n$, $k = 1, 2, \dots, m$, где U_i – разность потенциалов «труба – земля» без ЭХЗ; Z_{ik} – входное сопротивление по «ближней земле» для i -го узла при условии, что единственная токовая нагрузка расположена в k -м узле.

При этом $\Delta U_i = Z_{ik}I_k$ есть защитное смещение потенциала «труба – земля» с омической составляющей U_{T3i} в i -м узле, вызванное k -ой СКЗ при $I_k > 0$.

Кроме того, наведенный защитный потенциал везде должен быть не больше (по модулю) заданного $U_{3\max}$. Тогда ограничения имеют вид:

$$\begin{aligned} Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 + \dots + Z_{1m}I_m &\leq U_1 - U_{3\max}, \\ Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + \dots + Z_{2m}I_m &\leq U_2 - U_{3\max}, \\ Z_{n1}I_1 + Z_{n2}I_2 + \dots + Z_{nm}I_m &\leq U_n - U_{3\max}. \end{aligned} \quad (3)$$

В свою очередь, величина тока СКЗ не должна превышать некоторого определенного значения I_{\max} , например номинального тока самой мощной СКЗ (при проектировании системы ЭХЗ) или $I_{k\max}$ фактически используемых СКЗ.

Это приводит к системе из m ограничений вида $I_k \leq I_{k\max}$,

$$\text{где } k = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

$$\text{причем } I_k \geq 0 \text{ при } k = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

при этом с учетом нормативных требований

$$I_{k\max} = 0,8I_{kn}, \quad (6)$$

где I_{kn} – номинальное значение тока k -й СКЗ.

Возможны и другие комбинации ограничений. Но важно, чтобы все уравнения системы были линейно не зависимы, т. е. ни одно из них не должно получаться линейной комбинацией других. Кроме того, система должна быть совместной, т. е. среди уравнений не должно быть противоречивых. Тогда система уравнений (2)–(5) совместно с уравнением (1) образует набор исходных данных, достаточный для стандартной компьютерной программы по симплекс-методу. Однако данная система уравнений не учитывает состояние защиты трубопровода на середине участков СКЗ. Пусть имеем l БКМУ. Тогда можно записать для каждой узловой точки расположения БКМУ следующие уравнения ограничения:

$$a_{11}I_1 + a_{12}I_2 + \dots + a_{1k}I_k + \dots + a_{1m}I_m \geq U_c - U_{\text{ЗИТ}}, \quad (7)$$

$$a_{21}I_1 + a_{22}I_2 + \dots + a_{2k}I_k + \dots + a_{2m}I_m \geq U_c - U_{\text{ЗИТ}},$$

$$a_{l1}I_1 + a_{l2}I_2 + \dots + a_{lk}I_k + \dots + a_{lm}I_m \geq U_c - U_{\text{ЗИТ}},$$

$$\text{где } a_{lk} = Z_{kk} \cdot \exp^{-a_{kl}L_{kl}}, \quad (8)$$

а a_{kl} рассчитываются по формуле



Трехуровневая система взаимодействия Аналитическо-управленческого комплекса «Система комплексного мониторинга коррозии (СКМК.СК) «АНАЛИТИК»

$$a_{kl} = \frac{\ln|\Delta U_{3kk}| - \ln|\Delta U_{3lk}|}{L_{kl}}, \quad (9)$$

где L_{kl} – расстояние между k -й СКЗ и l -м БКМУ,

$$Z_{kk} = \frac{U_{3kk}}{I_k},$$

при условии, что единственная токовая нагрузка расположена в k -м узле. Определение коэффициентов уравнений по данным мониторинга – достаточно сложная задача. Учитывая (1)–(9), можно записать общую систему уравнений с ограничениями неравенствами в стандартной форме. Поскольку целевая функция (1) должна быть минимизирована, можно предположить, что ограничения (3) не понадобятся. Однако исключать их не следует для более общей постановки задачи оптимизации.

В ОБЩЕМ СЛУЧАЕ СКМК.СК «АНАЛИТИК» ОБЕСПЕЧИВАЕТ:

- установку оптимальных режимов работы СКЗ;
- вероятностное прогнозирование режимов работы СКЗ (оптимизация энергозатрат) с учетом текущего коррозионного состояния объекта;
- определение (расчет) возможности вывода из работы СКЗ при возможности обеспечения необходимой защиты соседними станциями (перекрытие зон защиты);
- включение выведенных в резерв станций при сезонном увеличении сопротивления грунта и уменьшении защитных зон соседних СКЗ;
- выбор оптимального режима работы СКЗ: по критерию защищенности, расчетно-аналитическим методом и методом статистической обработки фактически получаемых значений поляризационного потенциала;
- прогнозирование состояния объектов защиты с учетом их текущего состояния и коррозионной обстановки;
- формирование предложений в планы мероприятий технического обслуживания и ремонта объектов (ТОиР) и коррозионных обследований;
- представление результатов измерения параметров ЭХЗ как в табличном, так и в графическом виде;
- формирование форм отчетности.

СОЮЗ КОМПЛЕКТ



000 «СоюзКомплект»
121596, РФ, г. Москва,
ул. Горбунова, д. 2, стр. 204,
эт. 10, пом. 1, комн. 1а4
Тел/факс: +7 (499) 390-92-71, 372-52-44
e-mail: info@sz-k.ru
www.sz-k.ru