

The conclusion drawn from XRD analysis of MOF-205 indicates that an improved microwave synthesis method was employed to prepare MOF-177. Two different organic solvents, DMF and NMP, were respectively used to dissolve the reactants, resulting in the formation of MOF-177 (DMF) and MOF-177 (NMP). The results obtained from the graph clearly demonstrate a significant level of crystallinity. This confirms the notion that improving the crystallinity of the microwave synthesis method is indeed the correct direction.

### References

1. Hafizovic, J., Bjørgen, M., Olsbye, U., Dietzel, P. D. C., Bordiga, S., Prestipino, C., Lamberti, C., & Lillerud, K. P. Journal of the American Chemical Society, 2007, v.129(12), p. 3612–3620.
2. Kaye, S. S., Dailly, A., Yaghi, O. M., & Long, J. R. Journal of the American Chemical Society, 2007, v.129(46), p.14176–14177.
3. Hadjiivanov, K., Panayotov, D., Mihaylov, M., Ivanova, E., Chakarova, K., Andonova, S., & Drenchev, N. Chemical Reviews, 2020, v.121(3), p.1286–1424.
4. Bordiga, S., Vitillo, J. G., Ricchiardi, G., Regli, L., Cocina, D., Zecchina, A., Arstad, B., Bjørgen, M., Hafizovic, J., & Lillerud, K. P. Journal of Physical Chemistry B, 2005, v.109(39), p.18237–18242.
5. Yang, H., Liu, X., Song, X., Yang, T., Zhen, L., & Fan, C. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2015b, v.25(12), p.3987–3994.

УДК 621.316.9

**Р.Т. Абдуллозода, О.С. Сайфиддинзода, Х.Д. Бобоев**  
Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими  
Душанбе, Таджикистан

### РАСЧЕТ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЕМЛИТЕЛЕЙ

*Аннотация.* В статье рассматривается применение действующего метода оценки состояния заземляющих устройств. Определение потери массы заземляющих электродов и изменение сопротивления растекания тока, а также общая длина и масса заземляющих устройств. Приводятся пример расчета коррозионного состояния элементов заземлителей.

*Ключевые слова:* заземлитель, заземляющее устройство, коррозия, влажность грунта.

**R.T. Abdullozoda, O.S. Sayfiddinzoda, Kh.D. Boboev**  
Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi  
Dushanbe, Tajikistan

## **CALCULATION OF CORROSION STATE ELEMENTS OF GROUNDING LEADERS**

*Abstract.* The article discusses the application of the current method for assessing the condition of grounding devices. Determination of the mass loss of grounding electrodes and the change in resistance to current spreading, as well as the total length and mass of grounding devices. An example of calculating the corrosion state of grounding elements is given.

*Key words:* ground electrode, grounding device, corrosion, soil moisture.

Заземление является наиболее распространенным защитным средством, которое применяется не только с целью обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала, но и в ряде случаев используется как основной элемент для обеспечения нормального режима работы электрооборудования, системы релейной защиты и автоматики и т.п.

Состояние заземляющих устройств (ЗУ) непосредственно влияет на работу электрических аппаратов, вторичной цепи релейной защиты и автоматики, а также других элементов электрической сети. На работу заземляющих устройств существенно влияют множество факторов [1 – 5] в число которых входят влажность грунта, его химико-минеральный состав, протекание токов нулевой последовательности по заземляющим электродам и т.п. В земле, в районе измерений, могут проходить посторонние токи. К ним относятся так называемые блуждающие токи и токи, обусловленные режимом работы электроустановок. Блуждающие токи могут быть постоянными и переменными [8].

Посторонние токи вызывают падение напряжения в земле независимо от наличия измерительного тока и искажают результаты измерений, а иногда делают измерение невозможным. Поэтому перед измерением необходимо выяснить наличие посторонних токов в земле и источники этих токов. При обнаружении постороннего тока в земле необходимо принять меры к устранению или хотя бы ограничению влияния этих токов на результат измерения [8].

Действующие методы оценки состояния заземляющих устройств [6] требуют больших трудовых, материальных и временных затрат, согласно которым, требуется измерение основных параметров

заземлителей, проведение визуальных осмотров и обработка результатов.

Также, существует метод оценки состояния заземляющих устройств, согласно которому оценка состояния элементов заземляющих устройств осуществляется при учете среднего значения тока, протекающего по заземляющим электродам и влажности грунта в месте размещения элементов заземлителей, т.е. сокращается количество измерений.

Используя последний метод [7] приводим пример расчета коррозионного состояния ЗУ, находящегося в эксплуатации в течение 3-х лет со следующими параметрами:

- длина вертикального электрода  $L_B = 3,8$  м;
- количество вертикальных электродов  $n_B = 48$ ;
- сечение вертикального электрода  $S_B = 23,760$  мм<sup>2</sup>;
- суммарная длина горизонтальных электродов 700 м;
- сечение горизонтальных электродов  $S_G = 50,27$  мм<sup>2</sup>;
- среднее значение влажности грунта за период эксплуатации в месте нахождения заземляющих электродов 17,2 %;
- среднее значение токов, протекающих по заземляющим электродам (токи, протекающие через заземляющий проводник), 125 мА.

*Общая длина вертикальных электродов*

$$L_{\Sigma B} = L_B \cdot n_B = 3,8 \cdot 48 = 182,4 \text{ м}$$

*Общая масса вертикальных электродов*

$$m_B = L_{\Sigma B} \cdot k = 182,4 \cdot 23,76 = 4333,82 \text{ кг}$$

*Общая масса горизонтальных электродов*

$$m_G = L_G \cdot k = 50,27 \cdot 4 = 201,08 \text{ кг}$$

***Общая масса вертикальных и горизонтальных электродов***

$$m_{\Sigma} = m_B + m_G = 4333,82 + 201,08 = 4534,9 \text{ кг}$$

Определяем кодированное значение влажности грунта и токов, протекающих через заземляющий проводник.

*Кодированное значение влажности грунта*

$$X_i = \frac{X_{iH} - X_{i0}}{\lambda_i} = \frac{17,2 - 0}{30} = 0,573$$

*Кодированное значение токов протекающих через заземляющий проводник*

$$x_2 = \frac{X_{in} - X_{i0}}{\lambda_i} = \frac{125 - 0}{150} = 0,833$$

Определение потери массы заземляющих электродов и изменение сопротивления растекания тока для десяти суток проводится по уравнениям ( $y_1$  и  $y_2$ ).

$$y_1 = 0,1525 - 0,0205 \cdot 0,573 - 0,02359 \cdot 0,833 + 0,0138 \cdot 0,573^2 - 0,0568 \cdot 0,833^2 - 0,08338 \cdot 0,573 \cdot 0,833 = \mathbf{0,04658 \%}$$

$$y_2 = 5,932 - 0,76928 \cdot 0,573 - 1,01368 \cdot 0,833 + 0,3245 \cdot 0,573^2 - 2,39545 \cdot 0,833^2 - 2,72325 \cdot 0,573 \cdot 0,833 = \mathbf{1,79136 \%}$$

Определяем коэффициент времени для  $y_1$  и  $y_2$ .

$$k_{в1} = \frac{y_1}{n} = \frac{0,04658}{10} = 0,004658 \text{ \%/сут}$$

$$k_{в2} = \frac{y_2}{n} = \frac{1,79136}{10} = 0,179136 \text{ \%/сут}$$

Определяем потерю массы заземлителя, находящегося в эксплуатации в течение 3-х лет.

$$\Delta m = k_{в1} \cdot T = 0,004658 \cdot 1095 = \mathbf{5,10051 \%}$$

Таким образом можно сделать вывод, что заземляющие электроды, находящиеся в эксплуатации в течении 3-х лет, при выше указанной влажности грунта и наличии токов, протекающих через заземляющий проводник, из-за коррозии потеряют массу более чем на 5 процентов.

### Список использованных источников

1. Абдуллоев Р.Т., Сидоров А.И., Тряпицын А.Б. Факторы, влияющие на коррозию заземляющих устройств // В сборнике: Достижения науки - агропромышленному производству. материалы LIV международной научно-технической конференции; Секция 13. Физика, химия и нанотехнология Секция; 14. Механика и математические методы; Секция 15. Безопасность жизнедеятельности и техническая эксплуатация автотранспорта; Секция 16. Тепловодогазоснабжение сельского хозяйства. Под редакцией П.Г. Свечникова. 2015. С. 93-96.

2. Sidorov A., Abdullozoda I., Abdullozoda R., Sadullozoda S., Saifiddinzoda O. METHOD FOR DETERMINING THE STATE OF AN GROUNDING DEVICES в сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection. Сер. "III International Scientific and

Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection" 2021. С. 012005.

3. Абдуллоев Р.Т., Сидоров А.И. Физическое моделирование элементов заземлителей при учете электромагнитных процессов // В сборнике: Наука ЮУрГУ. Материалы 67-й научной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет. 2015. С. 467-473.

4. Сидоров А.И., Тряпицын А.Б., Абдуллоев Р.Т. Технические средства для определения состояния заземляющих устройств // В сборнике: Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии. 2015. С. 245-250.

5. Сидоров А.И., Додхудоев М.Д., Абдуллоев Б.Т., Абдуллоев Р.Т. Двухфакторный эксперимент по исследованию процесса коррозии заземляющего устройства // В сборнике: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. 2016. С. 396-398.

6. СТО 56947007-29.130.15.105-2011. Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. Стандарт организации АОА «ФСК ЕЭС». 12 с.

7. Пат. 2649630 Российская Федерация: МПК G01RB 17/00 (2006.01). Способ определения коррозионного состояния заземляющих устройств/ Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, Н.И. Горбунов, И.А. Шеремета. – № 2017103850; заявл. 06.02.2017; опубл. 04. 04. 2018, Бюл. № 10-2018.

8. Крикун И.В. Испытания заземляющих и зануляющих устройств электроустановок. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1973