

**Ф.П. Шкрабец, д-р техн. наук, П.Ю. Красовский**  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

## **ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ АЛЮМИНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЛЭП**

В связи с резким сокращением инвестиций в развитие и техническое перевооружение электрических сетей, в совершенствование систем управления их режимами, учета электроэнергии, возник ряд негативных тенденций, отрицательно влияющих на уровень потерь в сетях, таких как: устаревшее оборудование, физический и моральный износ элементов систем электроснабжения, несоответствие установленного оборудования передаваемой мощности. Из вышеотмеченного следует, что на фоне происходящих изменений хозяйственного механизма в энергетике, изменения экономических отношений в стране проблема снижения потерь электроэнергии в электрических сетях не только не утратила свою актуальность, а, наоборот, выдвинулась в одну из задач обеспечения финансовой стабильности энергоснабжающих организаций.

При долгосрочной эксплуатации линий электропередач потери энергии в них даже при неизменной нагрузке возрастают. Одна из причин - изменение конфигурации отдельных участков ЛЭП и, в связи с этим, изменения значений эквивалентных сопротивлений. Из основных возможных причин изменения продольных сопротивлений ЛЭП можно отметить:

– уменьшение поперечного сечения и увеличение длины проводов, обусловленного их остаточной деформацией вследствие действия ветровых, гололедных и других нагрузок;

– коррозия проводов ЛЭП при влиянии на них разных климатических факторов, в том числе кислотных дождей, влажности, повышенной температуры, солнечной радиации также приводит к снижению их активного поперечного сечения;

– увеличение удельного сопротивления материала проводов ЛЭП, вызванного изменением их структуры (старением) и остаточной деформацией („наклепом”);

– ухудшение технического состояния изоляторов, вызывает появление относительно больших токов утечки.

**Цель статьи** – изложение результатов исследований влияния коррозии алюминия на электрические параметры стационарных воздушных линий электропередач.

Воздушные линии электропередач с течением времени подвергаются атмосферной коррозии. В свою очередь атмосферная коррозия металлов, в том числе и алюминия, - коррозия электрохимическая. Электрохимические процессы идут в тонкой пленке влаги, которая находится при атмосферной коррозии на поверхности металла. Поскольку толщина этой пленки невелика, доставка кислорода к поверхности металла не затруднена. Это может сказаться на кине-

тике электродных процессов.

Если воздух, не насыщенный водяным паром, т.е. с относительной влажностью ниже 100%, начать охлаждать, то при определенной температуре будет достигнут предел насыщения и начнется выделение влаги из воздуха в виде тумана. Если гладкая металлическая поверхность находится в атмосфере с относительной влажностью ниже 100%, то на ней образуется только мономолекулярная адсорбционная пленка влаги [1].

При понижении температуры или при увеличении количества паров воды в воздухе будет достигнута точка росы, и на металле начнется осаждение водяного тумана в виде мельчайших капелек. В зависимости от природы металла, состояния поверхности и степени пересыщения атмосферы влагой капельки могут быть более или менее крупными. При дальнейшем осаждении водяного пара капельки могут сливаться и образовывать тонкую сплошную пленку влаги. Если поверхность металла шероховатая или же если на поверхности металла имеются твердые частички пыли, угля и т.д., а также рыхлые участки защитной пленки, продуктов коррозии, то еще задолго до достижения точки росы в углублениях, порах и трещинах будет происходить конденсация влаги с образованием слоя воды.

Газы воздуха ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ), а также присутствующие в воздухе газовые примеси, такие как  $SO_2$ , окислы азота,  $HCl$  и другие, при образовании тумана будут растворяться в капельках тумана, и таким образом капельки и пленка влаги на поверхности металла будут состоять не из чистой воды, а из растворов соответствующих газов в воде. Растворяющиеся в воде в большом количестве  $SO_2$ , окислы азота,  $HCl$  будут создавать заметные концентрации в пленке влаги, даже если присутствие их в воздухе относительно невелико.

Кинетика катодного процесса на алюминии в объеме 0,1-н. раствора хлористого натрия и в пленке влаги толщиной 165 мкм различается мало. При такой пленке происходит более резкое уменьшение потенциала с увеличением плотности катодного тока [2]. Это обуславливается тем, что электрохимическое поведение алюминия существенно зависит от наличия на его поверхности окисной защитной пленки. При катодной поляризации происходит пощелачивание среды. Это приводит к разрушению защитной оксидной пленки на алюминии и обусловленному этим смещению потенциала в отрицательную сторону. Поскольку эффект подщелачивания заметнее в пленке влаги, в этом случае наблюдается более резкое уменьшение потенциала.

Скорость атмосферной коррозии возрастает при повышении влажности воздуха. Значение относительной влажности, при которой наблюдается резкое увеличение скорости коррозии, принято называть критической влажностью.

Увеличение скорости коррозии алюминия при загрязнении атмосферы сернистым газом обусловлено способностью последнего восстанавливаться на алюминии при достаточно положительных потенциалах. Скорость катодного процесса при этом существенно возрастает [2].

Увеличение скорости коррозии алюминия при наличии в среде хлора объясняется возрастанием скорости катодного процесса и увеличением стационарного потенциала. Деполяризатором здесь служит хлор и хлорноватистая ки-

слота, образующаяся при взаимодействии хлора с влагой [2].

В неагрессивной атмосфере алюминиевые сплавы достаточно стойки; в промышленной и морской атмосфере сплавы алюминия подвергаются преимущественно язвенной коррозии.

Агрессивность морской атмосферы зависит от преобладающего направления ветров, количества осадков, влажности воздуха, количества попадающих на поверхность металла брызг морской воды.

Образующийся при коррозии гидрат окиси алюминия  $Al(OH)_3$  может в дальнейшем претерпевать изменения с образованием окиси алюминия [1]:



С точки зрения энергетических служб важным является оценка влияния коррозии алюминия проводов стационарных воздушных ЛЭП на электрические параметры сети, в частности, на потери в линии.

Коррозионный процесс ведет к уменьшению диаметра проводника  $d$ . Пренебрежем неравномерностью коррозионных процессов по всей длине ЛЭП. Тогда можно сказать, что коррозия алюминия проводов ЛЭП приводит к уменьшению диаметра алюминиевой жилы провода на величину  $\Delta d_0$  за один год. В свою очередь значение диаметра провода влияет на сопротивление ЛЭП.

В виду того, что изменение диаметра ничтожно мало, изменением реактивного сопротивления линии электропередач можно пренебречь.

Таким образом, на данном этапе можно сделать вывод, что коррозия алюминиевых проводов ЛЭП влияет на величину активного сопротивления  $R$ , а значит и на величину активных потерь  $P$ , т.к.  $P \approx R$ .

В свою очередь активное сопротивление прямо пропорционально зависит от продольного активного сопротивления  $r_0$ , которое вычисляется по формуле:

$$r_0 = \frac{1000}{g \cdot F}, \quad (2)$$

где  $g$  – удельная проводимость материала, для алюминия  $\gamma = 32 - 34$  м/(Ом·мм<sup>2</sup>);  $F$  – площадь поперечного сечения провода, мм<sup>2</sup> [3].

Алюминиевый провод любой марки для воздушных ЛЭП в общем случае состоит из  $n$  алюминиевых жил диаметром  $d_0$  каждая [3]. Тогда

$$F = n \cdot F_0, \quad (3)$$

где  $F_0 = \frac{\rho \cdot d_0^2}{4}$  – площадь поперечного сечения алюминиевой жилы провода, мм<sup>2</sup>.

Следующим шагом выведем зависимость площади поперечного сечения алюминиевой жилы провода от продолжительности действия коррозии (срока эксплуатации проводов воздушных ЛЭП).

$$F_{0к} = \frac{p \cdot (d_0 - \Delta d_0 \cdot T_k)^2}{4}, \quad (4)$$

где  $\Delta d_0$  – уменьшение диаметра алюминиевой жилы провода, мм/год;  $T_k$  – продолжительность действия коррозии.

Тогда зависимость продольного активного сопротивления от продолжительности действия коррозии примет вид:

$$r_{0к} = \frac{1000}{g \cdot F_{0к} \cdot n}. \quad (5)$$

Определим коэффициент коррозии следующим образом:

$$k_k = \frac{r_{0к}}{r_0}. \quad (6)$$

Путем подстановки в (6) выражений (5) и (2) и после математических преобразований получаем

$$k_k = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Delta d_0}{d_0} \cdot T_k\right)^2} \quad (7)$$

### **Выводы**

1. Длительная эксплуатация воздушных ЛЭП сопряжена с уменьшением диаметра проводов линий и соответственно с увеличением удельного сопротивления проводов.
2. Изменение продольного сопротивления ЛЭП является причиной увеличения тепловых потерь в стационарных воздушных сетях с увеличением срока эксплуатации.

### **Список литературы**

1. Акимов Г.В. Основы учения о коррозии и защите металлов. – М.: Государ. науч.-техн. издат–во лит. по черной и цветной металлургии, 1946. – 240 с.
2. Герасимов В.В. Коррозия алюминия и его сплавов. – М.: Металлургия. 1967. – 150 с.
3. Півняк Г.Г., Кігель Г.А., Волотковська Н.С. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання / За ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. – 2-е вид., перероб. і доп. – Д.: Національний гірничий університет, 2002. – 219 с.