

## РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ИЗ-ЗА ТОКОВ УТЕЧКИ

Леонов В.М.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Фурсанов М.И.

В практических расчетах [1] потери электроэнергии из-за токов утечки по изоляторам воздушных линий электропередачи (ВЛ) относят к техническим потерям. Эти потери обусловлены физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям (преобразование части электроэнергии в тепло в элементах сетей). Данные потери не могут быть измерены. Это означает, что их можно определить только расчетным путем. Существующая методика расчета потерь электроэнергии из-за токов утечки по изоляторам ВЛ при увлажнении их загрязненной поверхности представляется недостаточно обоснованной [2]. Мощность потерь на одном изоляторе предлагается рассчитывать в зависимости от сопротивления изолятора. При этом допускается, что значение сопротивления изолятора в период увлажнения остается неизменным. Также следует обратить внимание на то, что в процессе увлажнения происходит вымывание солей из слоя загрязнения. Из вышесказанного следует, что значение сопротивления изолятора, измеренное в отсутствие названных процессов является недостоверным.

Кроме того, в [1] не учитывается пространственная структура увлажняющих метеоявлений. В связи с этим предлагается вводить коэффициент распределенности метеоявлений  $K_{р.м.}$  [4], показывающий какая часть трассы ВЛ охвачена данным метеоявлением. Среднегодовое значение  $K_{р.м.}$  различных увлажняющих метеоявлений составляет в среднем примерно 0,5.

В докладе рассмотрены основные положения более физически обоснованной методики расчета потерь электроэнергии из-за токов утечки по изоляционным конструкциям:

$$A = K[T_T M(P_T) + T_M M(P_M) + T_D M(P_D) + T_R M(P_R)], \quad (1)$$

где  $M(P_T)$ ,  $M(P_M)$ ,  $M(P_D)$  и  $M(P_R)$  – математическое ожидание мощности потерь энергии в единичной изоляционной конструкции соответственно при туманах, мороси, дождях и росе, кВт;  $T_T$ ,  $T_M$ ,  $T_D$  и  $T_R$  – годовая продолжительность туманов (при положительной температуре воздуха), мороси, дождей и росы, час.

Значения  $M(P_T)$ ,  $M(P_M)$ ,  $M(P_D)$  и  $M(P_R)$  при заданной степени загрязнения изоляции рассчитываются по следующим формулам:

$$M(P_T) = \sum_{i=1}^6 \Psi(U_{Ti}) P_T(U_{Ti}); \quad M(P_M) = \sum_{i=1}^{11} \Psi(U_{Mi}) P_M(U_{Mi}); \quad (2)$$

$$M(P_D) = \sum_{i=1}^{13} \Psi(Q_{Di}) P_D(Q_{Di}); \quad M(P_R) = P_R(Q_R), \quad (3)$$

где  $\Psi(U_{Ti})$  – вероятность  $i$ -той скорости ветра ( $U_{Ti}$ ) при туманах (6 градаций),  $\Psi(U_{Mi})$  – вероятность  $i$ -той скорости ветра ( $U_{Mi}$ ) при мороси (11 градаций),  $\Psi(Q_{Di})$  – вероятность дождей  $i$ -той интенсивности ( $Q_{Di}$ ) (13 градаций);  $P_T(U_{Ti})$ ,  $P_M(U_{Mi})$ ,  $P_D(Q_{Di})$  и  $P_R(Q_R)$  – мощность потерь энергии при заданной степени загрязнения изоляции соответственно во время туманов при  $i$ -той скорости ветра; мороси при  $i$ -той скорости ветра, дождей  $i$ -той интенсивности и росе при постоянной интенсивности выпадения росы ( $Q_R$ ), кВт.

Мощность потерь энергии при туманах и мороси определяется в зависимости от скорости ветра (интенсивность увлажнения поверхности изолятора прямо пропорциональна скорости ветра). Степень загрязнения изоляции оценивается величиной поверхностной проводимости при увлажнении слоя загрязнения до насыщения ( $\chi_r$ ). Связь поверхностной

проводимости при увлажнении слоя загрязнения до насыщения с СЗА (степень загрязнения атмосферы) или СЗ (степень загрязнения) может быть определена из данных приведенных в нормативных документах [3,5].

В модели учтены основные процессы при увлажнении загрязненной изоляции: испарение воды из слоя увлажняемого загрязнения из-за токов утечки, образование подсушенных зон, возникновение и гашение частичных дуг, вымывание солей из слоя загрязнения и другие. Результаты моделирования качественно и количественно согласуются с экспериментальными данными автора и других исследователей.

В качестве примера приведены результаты расчета мощности потерь в отдельных изоляторах гирлянды контактной сети железных дорог переменного тока (номинальное напряжение в контактной сети 25кВ). Мощность потерь, рассчитанная согласно [5,6], определялась как средневзвешенная для туманов, мороси и дождей. Мощность потерь при росе не учтена из-за их малости.

Таблица 1. Результаты расчета мощности потерь в отдельных изоляторах гирлянды

Наименование величины	СЗА		
	2	5	6
число изоляторов в гирлянде	3	4	5
напряжение на одном изоляторе гирлянды, кВ	8,33	6,25	5,00
мощность потерь, рассчитанная согласно [1], P, кВт	0,061	0,081	0,093
мощность потерь, рассчитанная согласно [5,6], P, кВт	0,009	0,015	0,014

Анализируя полученные данные можно заметить, что мощность потерь, рассчитанная согласно [1] в 5-7 раз превышает расчеты по новой методике [5,6]. С учетом того, что в [1] не учитывается ряд факторов, эта разница увеличится еще не менее чем в 2 раза. Таким образом, потери электроэнергии по методу [1] будут необоснованно завышенными.

В [5,6] значения  $P_T (U_T i)$ ,  $P_M(U_{Mi})$ ,  $P_D (Q_D i)$  и  $P_R (Q_R)$  определяются для гирлянд изоляторов контактной сети железных дорог. Полученные значения мощности потерь для гирлянд изоляторов контактной сети железных дорог переменного тока могут быть использованы и для расчета потерь электроэнергии в изоляции ВЛ. Однако более точные результаты могут быть получены при моделировании мощности потерь для изоляции ВЛ различных классов напряжения. Также нужно отметить, что для полноты оценки потерь электроэнергии из-за токов утечки необходимо учитывать и диэлектрические потери, хотя мощность этих потерь значительно ниже мощности потерь из-за токов проводимости.

#### Литература

1. Железко, Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. – М.:Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 280 с.
2. Мерхалев, С.Д. Изоляция линий и подстанций в районах с загрязненной атмосферой / С.Д. Мерхалев, Е.А. Соломоник.– М.: Энергия, 1973.– 160 с.
3. Правила устройства электроустановок: Раздел 1. Общие правила. Гл. 1.1, 1.2, 1.7, 1.9: Раздел 7. Электрооборудование специальных электроустановок. Гл. 7.5, 7.6, 7.10: 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 184 с.
4. Орлова, Н.И. О коэффициенте распределенности опасных метеоявлений вдоль трасс ВЛ, проходящих в районах с различными природными условиями / Н.И. Орлова, А.М. Ментюкова // Повышение надежности работы изоляции линий и электрооборудования высокого напряжения: Тезисы докл. респ. науч.-техн. конф. – Ташкент: 1986. – С. 31-37.

5. Руцкий, В.М. Совершенствование методов проектирования и эксплуатации изоляции наружных электроустановок систем электроснабжения железных дорог: Диссертация д-ра технич.наук:13.05.2005/Екатеринбург:2004.-373с.