

# ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И МОНИТОРИНГ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Дурусалиев М.Ж, Тажибаев К, Осмоналиев К.С.

Кыргызский технический университет им. И. Раззакова,  
Кыргызская республика, E-mail:rector@ktu.aknet.kg

Наименее надежным элементом энергосистемы являются воздушные линии, в следствии с их большой протяженностью. Голые провода воздушных линий (ВЛ) изготавливаются определенной строительной длины, поэтому при подвеске их на опоры ВЛ приходится соединять концы проводов между собой. Эти соединения выполняются при помощи особых зажимов различных конструкций.

Переходное сопротивление на зажимах, соединяющих отдельные участки проводов, под действием кислорода воздуха увеличивается от окисления контактных поверхностей, причем чем выше температура провода тем больше это окисление.

Увеличение сопротивления, в свою очередь, ведет к дальнейшему увеличению температуры контактных поверхностей и т. д. В результате сильного нагрева может произойти разрушение провода в зажиме, т. е. авария в линии и связанный с этим перерыв в электроснабжении потребителей.

В настоящее время допустимую токовую нагрузку определяют исходя из допустимой температуры нагрева провода  $70^{\circ}\text{C}$  при температуре окружающего воздуха  $25^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $0,6\text{ м/с}$ . Такая допустимая температура принята с учетом условий работы контактных соединений. Нагрев провода, проходящим по нему током, дополнительно приводит к следующим явлениям [1]:

- изменяются механические характеристики материала провода и его способность нести механическую нагрузку;
- провод удлиняется, вследствие чего увеличивается стрела провеса, уменьшается габариты провода до земли и находящихся на ней предметов;
- изменяются температура и сопротивление провода и как следствие этого – количество теплоты, выделяемое проводом в окружающую среду.

Выше сказанное подтверждает актуальность задачи по диагностированию состояния ВЛ и мониторинга токовой нагрузки с целью решения множества технико-экономических задач, в том числе и для определения величины перегрузки ВЛ и его продолжительности.

В работе предлагается решение этих задач с использованием результатов изобретений:

- токопроводящая жила проводов и кабелей [2];
- способ измерения электрического тока в проводах линий электропередачи [3].

**Токопроводящая жила проводов и кабелей.** Недостатком существующих проводов для ВЛ является его узкая функциональность, так как она используется только для передачи электрической энергии. Увеличение функциональности провода можно достигнуть, если токопроводящая жила проводов и кабелей, состоящей из скрученных концентрическими повивами в чередующихся направлениях проволок, одна из проволок жилы электрически изолирована от остальных (рис.1). Если в конце ВЛ изолированную проволоку соединить с остальными голыми проволоками накоротко, то мгновенное значение падения напряжения на проводе ВЛ будет равна  $\Delta u = i \cdot R_{\text{ПП}}$ , где  $i$  – мгновенное значение токовой нагрузки линии,  $R_{\text{ПП}}$  – сопротивление провода, равное  $R_{\text{ПП}} = \rho_{\text{Al}} \cdot L / S$  ( $\rho_{\text{Al}}$  – удельное сопротивление алюминия,  $L$  и  $S$  – соответственно длина и поперечное сечение провода).

По значению  $\Delta u$  – после соответствующей обработки, можно оценить токовую нагрузку линии и получить информацию о продолжительности и величине перегрузки линии.

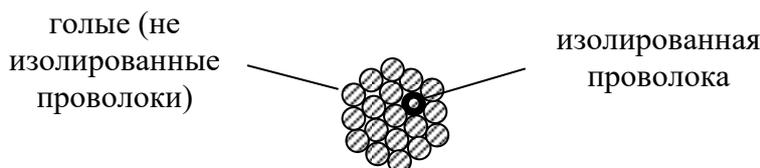


Рис. 1. Поперечное сечение токопроводящей жилы

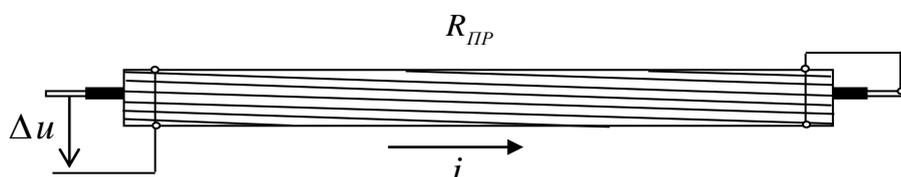


Рис.2. Токопроводящая жила; в конце ВЛ изолированная проволока соединена накоротко с остальными голыми проволоками  $\Delta u = f(i, R_{PP})$

Прежде чем рассмотреть вопросы диагностирования состояния ВЛ, ознакомимся с содержанием работы [3].

**Способ измерения электрического тока в проводах линий электропередачи [3].**

Рассматриваемый способ позволяет, измерять ток, текущий по резистору с неизвестным сопротивлением  $R_x$  без разрыва ветви с резистором для подключения измерителя тока (ИТ).

Измерение тока в резисторе производится следующим способом. Параллельно к  $R_x$  подключается измеритель тока с последовательно включенными двумя калиброванными резисторами  $R_1$  и  $R_1'$  один из которых снабжен шунтирующим ключом  $K$ , и дважды измеряют ток при одном и двух включенных резисторах (рис.3).

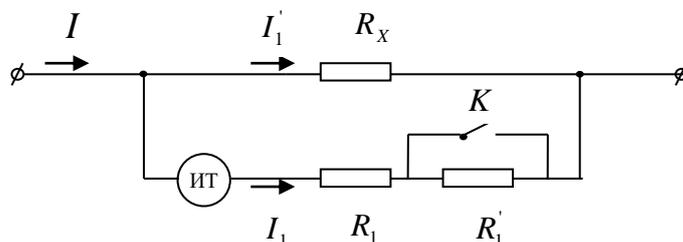


Рис.3. Способ измерения электрического тока, где ИТ – измеритель тока

При первом измерении (ключ  $K$  замкнут) ИТ будет показывать ток равный

$$I_1 = I \frac{R_x}{R_1 + R_x}, \tag{1}$$

при втором измерении (ключ  $K$  разомкнут)

$$I_2 = I \frac{R_x}{R_2 + R_x}, \tag{2}$$

где  $R_2 = R_1 + R_1^1$ . Из отношения  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2 + R_x}{R_1 + R_x}$ , находим

$$R_x = \frac{I_2 \cdot R_2 - I_1 \cdot R_1}{I_1 - I_2}, \quad (3)$$

подставляя значение  $R_x$  в выражения (1) или (2), находим ток в резисторе  $R_x$

$$I = I_1 \cdot I_2 \frac{R_2 - R_1}{I_2 \cdot R_2 - I_1 \cdot R_1}. \quad (4)$$

На рис. 4 показано применение нового способа измерения электрического тока для реальных линий электропередач.



Рис. 3. Способ измерения электрического тока, где ИТ – измеритель тока

Предлагаемый способ определения значения тока в проводах широко может применяться в электрических сетях 0,4 – 10 кВ, в полевых условиях, для измерения токов на участках разветвленной сети.

Выражение (3) позволяет рассчитать текущее значение сопротивления  $R_{rC} = R_x$  провода ВЛ. По рассчитанному значению  $R_{rC}$  провода можно оценить его температуру, решив следующую формулу [1] относительно температуры провода  $\Theta$ .

$$I = \frac{1}{10} \sqrt{\frac{\pi d (10.2(v/d)^{0.5} + 5.7 \cdot 10^{-2} \varepsilon (7.5 + 0.0625(\Theta + \Theta_B))) (\Theta - \Theta_B)}{R_{rC}}}. \quad (5)$$

где  $I$  - значение тока, проходящего по проводнику;  $d$  - диаметр провода, мм;  $v$  - скорость ветра, м/с;  $\varepsilon$  - степень черноты провода равный 0,25 для окисленного алюминия;  $\Theta_B$  - температура воздуха, °C;  $\Theta$  - температура провода.

Последнее выражение (5) позволяет диагностировать состояние провода ВЛ, т.е. определяют его текущую температуру.

### Литература

1. Калентионик Е.В. Оперативное управление в энергосистемах: учеб. Пособие / Е.В. Калентионик, В.Г. Прокопенко, В.Т. Федин; под общ. Ред. В.Т. Федина. – Минск: Выш. шк., 2007. – 351 с.: ил.
2. Сатаркулов К.А., Иманакунуова Ж.С., Тажибаев К. и др. Токопроводящая жила проводов и кабелей. – Патент KG № 1187., 2009.
3. Сатаркулов К.А., Асанов М.С., Арфан А.Х. и др. Способ измерения электрического тока в проводах линий электропередачи. – Патент KG № 596., 2003.