

А. В. ВИНОГРАДОВА, А. О. СКРОБОВ

**ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛЭП
ВСЛЕДСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
С УЧЕТОМ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ
НАПРЯЖЕНИЯ СОГЛАСНО ГОСТ 54149-2010**

Ключевые слова: потери электроэнергии, проектирование, качество электроэнергии, ГОСТ, отклонение.

Аннотация. В статье приводится оценка изменения потерь электроэнергии в ЛЭП вследствие изменений в проектировании с учетом увеличения допустимых отклонений напряжения согласно ГОСТ 54149-2010.

В 2010 году вышел и в 2013 году вступил в действие ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» взамен ГОСТ 13109-97. Согласно этого документа изменились требования к качеству электрической энергии, методы их измерения. Изменения в требованиях к качеству электроэнергии (КЭ) влекут за собой изменения в проектировании новых и реконструкции старых линий электропередач (ЛЭП).

Вследствие увеличения допустимого отклонения напряжения согласно нового ГОСТ до $\pm 10\%$ проектные организации при проектировании ЛЭП получают возможность или увеличивать протяженность линий, или уменьшать сечение кабеля (провода), или увеличивать расчетную мощность, пропускаемую по проектируемой ЛЭП.

Это повлечет за собой ряд последствий, которые проиллюстрируем расчетами, представленными ниже.

Оценим изменение протяженности ЛЭП по условиям допустимой потери напряжения. Предположим, что кабельная линия 0,38 кВ имеет передаваемую мощность 50 кВт и сечение кабеля 70 мм². Считаем, что напряжение в начале линии 380 В. В этом случае напряжение на конце линии отклонится на величину потерь напряжения в ней.

Определим расчетный ток:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi}, A,$$

где I – ток, А; P – мощность, Вт, передаваемая по линии; U – напряжение на линии, В; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности (принимается равным 0,9).

$$I = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 84.1 \text{ А.}$$

Расчетная длина линии, определенная в соответствии с допустимыми потерями напряжения (принимается их равными допустимым отклонениям напряжения $\pm 5\%$, ГОСТ 13109-97 и $\pm 10\%$, ГОСТ 54149-2010).

$$L = \frac{\Delta U \cdot C \cdot S}{P}, \text{ м,}$$

где L – длина линии, м; ΔU – потери напряжения, %; C – коэффициент пропорциональности; S – сечение кабеля, мм.кв.; P – мощность, передаваемая по линии, кВт.

$$L_{ГОСТ13109-97} = \frac{5 \cdot 44 \cdot 70}{50} = 308 \text{ м;}$$

$$L_{ГОСТ54149-2010} = \frac{10 \cdot 44 \cdot 70}{50} = 616 \text{ м.}$$

Результат расчетов показывает, что при использовании нового государственного стандарта расчетная длина линии увеличивается в два раза. Плюсом такого эффекта может стать сокращение количества трансформаторных подстанций на единицу площади проектируемого объекта. Наряду с этим, произойдет увеличение потерь электроэнергии в линиях 0.38 кВ.

Оценим разницу потерь электроэнергии при полученных длинах линии. Для этого предположим, что число часов использования максимальной нагрузки в год составляет 2000 часов. Определим потери электроэнергии в этом случае:

$$\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot r \cdot \tau, \text{ кВт}\cdot\text{ч,}$$

где ΔW – потери электроэнергии, кВт·ч; $\tau = 1000$ ч – время потерь в год (определяется согласно [1, с. 212] для 2000 ч максимальной нагрузки в год); $r = L \cdot r_0$, Ом – сопротивление линии ($r_0 = 0.412$ Ом/км для кабеля 70 мм.кв.; $r = 0,308 \cdot 0.412 = 0.156$ Ом – для первого случая, $r = 0,616 \cdot 0.412 = 0.312$ Ом – для второго случая).

Потери электроэнергии:

$$\Delta W = 3 \cdot 7072,84 \cdot 0.156 \cdot 1000 = 3310089,12 \text{ Вт}\cdot\text{ч/год} = 3310,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

$$\Delta W = 3 \cdot 7072,84 \cdot 0.312 \cdot 1000 = 6620178,24 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 6620,2 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

Как следует из расчетов, потери электроэнергии увеличиваются в два раза. Потребитель дополнительно будет затрачивать на оплату потерь электроэнергии более 13 тысяч рублей в год при тарифе 4 руб/кВт·ч (для данного примера).

Следующий пример связан с увеличением пропускаемой по линии мощности. Предложим, что ЛЭП выполнена длиной 300 м и сечением 35 мм.кв. Число часов использования максимальной мощности, как и в предыдущем примере, составляет 2000 ч (соответственно $t = 1000$ ч.). Определим максимальную пропускаемую по ЛЭП мощность исходя из допустимых потерь напряжения, соответственно при ΔU равном $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$:

$$P = \frac{\Delta U \cdot c \cdot S}{L},$$

где P – передаваемая мощность, кВт; ΔU – потери напряжения, %; c – коэффициент пропорциональности, S – сечение кабеля, мм. кв.; L – длина линии, м.

$$P_{ГОСТ13109-97} = \frac{5 \cdot 44 \cdot 35}{300} = 25.7 \text{ кВт};$$

$$P_{ГОСТ54149-2010} = \frac{10 \cdot 44 \cdot 35}{300} = 51.3 \text{ кВт}.$$

Из расчетов следует, что пропускная способность ЛЭП увеличивается в два раза при $\Delta U = \pm 10\%$. При этом ток в линии так же увеличивается в два раза и составляет:

$$I_{ГОСТ13109-97} = \frac{25700}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 43,45 \text{ А};$$

$$I_{ГОСТ54149-2010} = \frac{51300}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 86,7 \text{ А};$$

В обоих случаях ток не превышает допустимого по нагреву (Доп. 43,45 = 135А для сечения 35 мм. [2, с. 412]).

Оценим разницу в потерях электроэнергии ($r = 0.249$ Ом, $t = 1000$ ч):

$$\begin{aligned} \Delta W_{ГОСТ 13109-97} &= 3 \cdot 1887,9 \cdot 0.249 \cdot 1000 = 1410261,3 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{год} = \\ &= 1410,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{ГОСТ 54149-2010} &= 3 \cdot 7516,9 \cdot 0.249 \cdot 1000 = 5615124,3 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{год} = \\ &= 5615,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}. \end{aligned}$$

Потери электроэнергии увеличились в 4 раза, в денежном выражении это более 16 тыс. рублей в год на оплату дополнительных потерь электроэнергии при тарифе 4 руб/кВт·ч (для данного примера). В масштабах страны дополнительные потери электроэнергии будут «стоять» миллиарды рублей.

Применение ГОСТ 54149-2010 позволяет увеличить проектные длины линий электропередач или их пропускную способность.

Потери электроэнергии в ЛЭП при проектировании их с учетом ГОСТ 54149-2010 могут увеличиться в два-четыре раза по сравне-

нию с линиями, спроектированными в соответствии с ГОСТ 13109 – 97.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила устройств электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ – 6 и ПУЭ – 7. По состоянию на 2009 г. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2009. 854 с.
2. Электроснабжение сельского хозяйства / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. М.: КолосС, 2008. 655 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ABOUT INCREASE IN LOSSES OF THE ELECTRIC POWER IN THE HIGH VOLTAGE LINE OWING TO CHANGES IN DESIGN TAKING INTO ACCOUNT INCREASE IN TOLERANCES OF TENSION ACCORDING TO GOST 54149-2010

Keywords: electric power losses, design, quality of the electric power, GOST, deflection.

Annotation. In article the assessment of change of losses of the electric power is given in the high voltage line owing to changes in design taking into account increase in tolerances of tension according to GOST 54149-2010.

ВИНОГРАДОВА АЛИНА ВАСИЛЬЕВНА – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение», Орловский государственный аграрный университет, Россия, Орел, (alinawin@rambler.ru).

VINOGRADOVA ALINA VASILYEVNA – the senior teacher of Elektrosnabzheniye chair, the Oryol state agrarian university, Russia, Oryol, (alinawin@rambler.ru).

СКРОБОВ АНДРЕЙ ОЛЕГОВИЧ – мастер производственного обучения кафедры «Электроснабжение», Орловский государственный аграрный университет, Россия, Орел, (Folko-92@mail.ru).

SKROBOV ANDREY OLEGOVICH – the training officer of Elektrosnabzheniye chair, the Oryol state agrarian university, Russia, Oryol, (Folko-92@mail.ru).
