

УДК 622.625

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Папина И.С., студентка; Чашко М.В., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина))

Актуальность темы обусловлена возможностью уменьшить потери энергии в линиях электропередачи.

В настоящее время электрическая энергия передается переменным током промышленной частоты или постоянным. При этом возникает расход энергии в активном сопротивлении линии от тока нагрузки и от тока, обусловленного индуктивностью нагрузки (реактивного). Причина заключается, во первых, в способности индуктивности запасать энергию в магнитном поле, во вторых, в возможности этой энергии возвращаться к источнику.

Идея технологии основана на том, что энергия, рассеянная в активном сопротивлении линии, зависит от тока и длительности его протекания, а энергия, запасенная в магнитном поле индуктивности, зависит только от тока, который создает магнитный поток. Сокращая длительность протекания тока по линии при том же максимальном его значении можно сократить отношение рассеянной энергии к переданной. Схема передачи представлена на рис. 1.

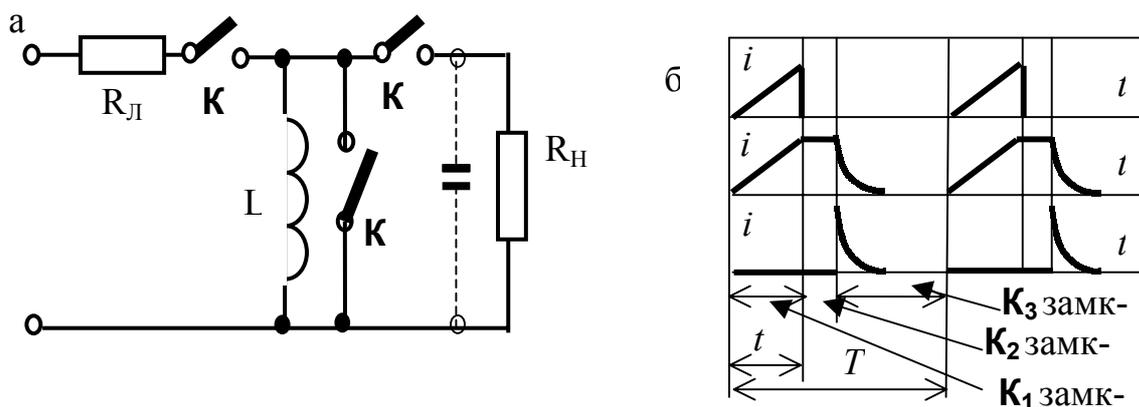


Рис. 1. Принцип передачи энергии импульсами
а – схема, б – временная диаграмма.

Ключи \mathbf{K}_1 , \mathbf{K}_2 , \mathbf{K}_3 - полностью управляемые, способные проводить ток в двух направлениях. Когда \mathbf{K}_1 замкнут, а \mathbf{K}_2 разомкнут, от источника исходит мощность

$$p = i^2 R_{\text{Л}} + iL \frac{di}{dt}. \quad (1)$$

где i – мгновенное значение тока; $R_{\text{Л}}$ – активное сопротивление линии, L – индуктивность.

За время замкнутого состояния \mathbf{K}_1 энергия, рассеянная в линии,

$$w_{\text{Л}} = \int_0^T R_{\text{Л}} i^2 dt = \frac{2}{3} R_{\text{Л}} I_m^2 t_{\text{И}}. \quad (2)$$

Тут T – период импульсов, с; I_m – наибольшее значение тока, А, оно имеет место в конце импульса; $t_{\text{И}}$ – длительность протекания тока в течение периода, с.

Энергия, накопленная в магнитном поле индуктивности,

$$W_L = \frac{L}{2} I_m^2. \quad (3)$$

Затем \mathbf{K}_1 размыкается, \mathbf{K}_2 замыкается, энергия остается в индуктивности, не возвращается источнику. \mathbf{K}_2 должен быть замкнут во время размыкания \mathbf{K}_1 , иначе энергия $w_{\text{Л}}$ вернется в источник или рассеется в изоляции, замкнутое состояние \mathbf{K}_2 обеспечивает $u=0$ на зажимах индуктивности и исключает рассеяние энергии. Затем размыкается \mathbf{K}_2 , замыкается \mathbf{K}_3 энергия передается в нагрузку. Конденсатор не является обязательным элементом: если в нагрузке ток преобразуется по частоте или напряжению, то энергию удобнее получать импульсами.

Энергетическая эффективность определяется КПД – отношением мощности нагрузки ко всей мощности, исходящей от источника. Мощность нагрузки – это энергия, переданная в нее из индуктивности за период импульсов:

$$P_{\text{Н}} = \frac{W_{\text{Л}}}{T} = \frac{L}{2T} I_m^2, \quad (4)$$

мощность, рассеянная в линии

$$P_{\text{Л}} = \frac{2}{3T} R_{\text{Л}} I_m^2 t_{\text{И}}. \quad (5)$$

Относительные потери мощности

$$\frac{P_{\text{Л}}}{P_{\text{Н}}} = \frac{4}{3L} R_{\text{Л}} t_{\text{И}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{t_{\text{И}}}{\tau}, \quad (6)$$

где $\tau = L/R_{\text{Л}}$ – электромагнитная постоянная времени линии, с.
КПД импульсной передачи

$$\eta_{\text{имп}} = \frac{I}{I + \frac{P_{\text{Л}}}{P_{\text{Н}}}} = \frac{I}{I + \frac{4}{3L} R_{\text{Л}} t_{\text{И}}} = \frac{I}{I + \frac{4}{3} \cdot \frac{t_{\text{И}}}{\tau}}. \quad (7)$$

Из этой зависимости следует, что КПД тем выше, чем короче импульс тока по отношению к постоянной времени линии.

Эффективность импульсной передачи энергии целесообразно сравнить с традиционной синусоидальной. При синусоидальном изменении тока КПД

$$\eta_{\text{син}} = \left(1 + R_{\text{Л}} / R_{\text{Н}}\right)^{-1}.$$

Условие, повышения КПД импульсной передачи определяется из неравенства

$$\left(\frac{P_{\text{Л}}}{P_{\text{Н}}}\right)_{\text{син}} > \left(\frac{P_{\text{Л}}}{P_{\text{Н}}}\right)_{\text{имп}} \Rightarrow \frac{R_{\text{Л}}}{R_{\text{Н}}} > \frac{4}{3L} R_{\text{Л}} t_{\text{И}} \Rightarrow t_{\text{И}} < 0,75 \frac{L}{R_{\text{Н}}}. \quad (9)$$

Передача энергии импульсами тока позволяет существенно (на десятки процентов) снизить расход энергии в электросети.

Перечень ссылок

1. Чашко М.В. Передача электрической энергии без электрического контакта// Збірник наукових праць ДонДТУ. Серія «Електротехніка і енергетика». - Вип. 17.- Донецьк, ДонДТУ. – 2000. - С. 92 - 94.

2. Чашко М.В. Передача энергии импульсами магнитного потока// Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика.- Зб. наук. пр. Вісник ХДПУ. Вип. 61.- Харків, ХДПУ.- 1999, С. 302 - 304.