

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ, ПИТАЮЩИХ  
НЕЛИНЕЙНЫЕ НАГРУЗКИ  
POWER LOSSES IN CABLE LINES SUPPLYING NON-LINEAR LOADS

**Алижонов У. Х., Ахмаджонов М.З.**

(Узбекистан, Ферганский политехнический институт)

**Аннотация.** В статье приведены основные сведения и проведён обзор средств и характеристик силовых кабелей, применение современных силовых кабелей является эффективным способом снижения потерь мощности в электрических сетях, что в свою очередь повышает экономическую и экологическую эффективность производства.

**Annotation.** The article provides basic information and reviews the means and characteristics of power cables; the use of modern power cables is an effective way to reduce power losses in electrical networks, which in turn increases the economic and environmental efficiency of production.

**Ключевые слова:** мощность, счетчик, сигнал, нагрузка, кабель, изоляция, система, эксперимент

**Keywords:** power, counter, signal, load, cable, insulation, system, experiment

Потери мощности в линиях электропередачи (кабельных линиях, воздушных проводах) всегда происходят в зависимости от различных физических явлений. Среди источников потерь мощности в линиях основная причина – нагрев проводника при протекании тока. Энергия выделяется в виде джоулей тепла.

Характер и мощность нагрузок, питаемых ЛЭП, на стадии проектирования должны исключать перегрузку кабеля. В основном следует выделить нелинейные нагрузки, которые генерируют высшие гармоники тока в питающей сети. Эти типы нагрузки отрицательно влияют на линию передачи. Высшие гармоники существенно влияют на потери мощности и вызывают повышение температуры проводника кабеля. Предположим, что проводники работают в этих условиях длительное время. Это может привести к ухудшению изоляции и серьезному повреждению питающих

кабелей. Выход из строя оборудования влияет на экономические потери производственных предприятий из-за незапланированных простоев и отключений. Это также порождает дополнительные затраты, связанные с ремонтом установки. Затраты и сроки ремонта, особенно для подземных кабельных линий, очень велики, поэтому их возникновение следует свести к минимуму.

В данной работе представлен упрощенный метод расчета потерь активной мощности и сопоставление его со стандартным методом МЭК (Международная электротехническая комиссия) -60287-1-1:2006 + A1:2014 и вторым методом с использованием функции Бесселя. Полученные результаты могут стать отправной точкой для расчета распределения температуры для различных тепловых закладок или определения оптимального диаметра и изоляции жилы кабеля.

Общим элементом для всех используемых методов расчета потерь активной мощности в силовых кабелях является определение результирующего сопротивления  $R_{AC(n)}$  для заданного порядка гармоник тока (ч). В каждом методе учитываются как эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн, так и эффект близости.

Первый метод основан на функции Бесселя. Он позволяет найти решение уравнения в полярных системах координат, связанных с распространением волн и сферическими потенциалами. В расчетах изменение сопротивления проводника, вызванное эффектом уменьшения амплитуды электромагнитных волн, учитывается как поправочный коэффициент сопротивления  $R_{DC}$ . Второй метод позволяет получить потери активной мощности по результирующему поверхностному сопротивлению с учетом глубины проникновения тока при равномерном протекании тока по сечению, имеющему большую глубину и ширину. Следующий аналитически описан французским исследователем Левассером на основе наблюдения эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн и использования

частотных изменений в расчетах эффекта Кельвина. Наиболее популярный метод расчета потерь активной мощности описан в стандарте МЭК -60287-1-1:2006 + А1:2014. В этом методе используются факторы, коррелирующие эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн.

В применяемых в настоящее время методах увеличение сопротивления для основной частоты учитывается независимо от площади поперечного сечения кабеля. В таких малых сечениях (например, 25 мм<sup>2</sup>) глубина проникновения тока за счет эффекта уменьшения амплитуды электромагнитных волн больше радиуса жилы низковольтного кабеля. Отсюда следует вывод, что эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн в данном случае не возникает, а ранее упомянутые методы вносят погрешность в расчет величины потерь активной мощности. Однако в новом методе учитывается коэффициент глубины проникновения относительно радиуса рассматриваемой жилы кабеля.

Провести лабораторный эксперимент сложно из-за относительно высоких среднеквадратичных значений тока и суммарного гармонического искажения тока (СГИ<sub>Т</sub>), необходимых для широкого диапазона площадей поперечного сечения низковольтных кабелей. Поэтому в данной работе потери мощности из-за эффекта уменьшения амплитуды электромагнитных волн используются только для теоретических расчетов для сравнения различных методов.

Основной вклад этой работы можно резюмировать следующим образом:

1. Презентация нового метода расчета потерь активной мощности на основе коэффициента глубины проникновения тока (КГП) в зависимости от анализируемой частоты тока.
2. Сравнение нового метода с уже существующими методами.
3. Прирост активной мощности для искаженных токов сравнивается с идеальной синусоидой 50 Гц для трех методов расчета.

## Использованная литература

- 1 J. Ekanayake, K. Liyanage, J. Wu, A. Yokoyama and N. Jenkins, SMART GRID TECHNOLOGY AND APPLICATIONS, New Delhi: Wiley, 2012.
- 2 E. Emmanuel and K. B. Owusu, "Evolution and Efficiencies of Energy Metering Technologies in Ghana," Global Journal of Researches in Engineering: For Electrical and Electronics Engineering, vol. 14, no. 6, pp. 35-42, 2014.
3. Тожибоев А.К., Султонов Ш.Д. Измерение, регистрация и обработка результатов основных характеристик гелиотехнических установок // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 11(92).
4. Тожибоев А.К., Хошимжонов А.Т. Применение фотоэлектрического мобильного резервного источника электропитания в телекоммуникации // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 12(93).
5. Davlyatovich, S. S. ., & Kakhorovich, A. T. . (2021). Recombination Processes of Multi-Charge Ions of a Laser Plasma. Middle European Scientific Bulletin, 18, 405-409.
6. Тожибоев, Аброр Кахорович, and Дилшод Махмудович Эргашев. "Физический метод очистки воды." Results of National Scientific Research International Journal 1.7 (2022): 317-325.
7. Тожибоев, Аброр Кахорович, and Насиба Дилшодовна Парпиева. "Подбор компонентов для систем слежения солнечной установки." Research Focus 1.2 (2022): 35-42.
8. Тожибоева, Мухаё Джамолдиновна, and Мурод Фозилович Хакимов. "Исследование спектральных характеристик прозрачно-тепловой изоляции приемника." Universum: технические науки 10-5 (91) (2021): 17-19.
9. Эргашев, Сирожиддин Фаязович, and Аброр Кахорович Тожибоев. "Расчёт установленной и расчётной мощности бытовых электроприборов для инвертора с ограниченной выходной мощностью." Инженерные решения 1 (2019): 11-16.
10. Тожибоев, А. К., and А. Р. Боймирзаев. "Исследование использования энергосберегающих инверторов в комбинированных источниках энергии." Экономика и социум 12-2 (79) (2020): 230-235.
11. Тожибоев А.К. Хакимов М.Ф., «Интеллектуальная система учета электроэнергии солнечных энергетических систем», [Электронный ресурс]// Экономика и социум.-2024.- №6(121)