

Т. Н. МИЩЕНКО (ДИИТ)

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТЯГОВОЙ СЕТИ НА ТОКОПРИЕМНИКАХ ЭЛЕКТРОВЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Виконана кількісна оцінка показників якості електроенергії напруги на струмоприймачі електрорухомого складу постійного струму.

Выполнена количественная оценка показателей качества электроэнергии напряжения на токоприёмнике электроподвижного состава постоянного тока.

The numerical estimation of the electric energy quality parameters of voltage on a current collector of the DC electric rolling stock is executed.

Обеспечение качества электроэнергии (КЭ) относится к числу важнейших проблем электроэнергетики не только промышленных предприятий [1], но и на электрифицированном железнодорожном транспорте [2, 3]. Как известно, КЭ нормируется показателями качества электроэнергии (ПКЭ), систему которых, согласно ГОСТу 13109-97, образуют следующие характеристики изменения напряжения: отклонения и колебания напряжения; степень его несимметрии и несинусоидальности; провал напряжения, изменение его частоты, а также импульсное напряжение и временное перенапряжение. Эти показатели относятся к потребителям, питающимся от электрических сетей трехфазного тока. Таким образом, указанные ПКЭ в полной мере могут быть определены для любой системы электрической тяги на входах тяговых подстанций. Однако также представляют необходимый интерес ПКЭ «внутри» системы тяги, т.е. характеристики изменения напряжения на токоприемнике электроподвижного состава, как на нагрузке. Причем система электрической тяги постоянного тока не является исключением, т.к. напряжение тяговой сети в этом случае, называясь постоянным, реально является, порой резко, изменяющимся, т.е. переменным $U(t)$.

Измерения фактических, в реальных условиях эксплуатации, значений напряжения в тяговой сети и их вероятностно-статистическая обработка выполнялась издавна и многими исследователями, например [2, 4–9], но оценка ПКЭ не производилась. Поэтому в данной работе ставится цель хотя бы частично восполнить этот пробел.

Для решения поставленной задачи были записаны с бортового компьютера и обработаны данные реализаций напряжения $U(t)$ на токо-

приемнике первого украинского электровоза ДЭ 1 в течение 40 поездок с поездами на различных участках Приднепровской железной дороги. Анализ показывает, что текущие значения напряжения изменяются в очень широком интервале: от 2400 до 4000 В, которые отличаются от номинальной величины, равной 3000 В. Наиболее частыми являются значения от 3050 до 3500 В, что вытекает из поля возможных значений (рис. 1).

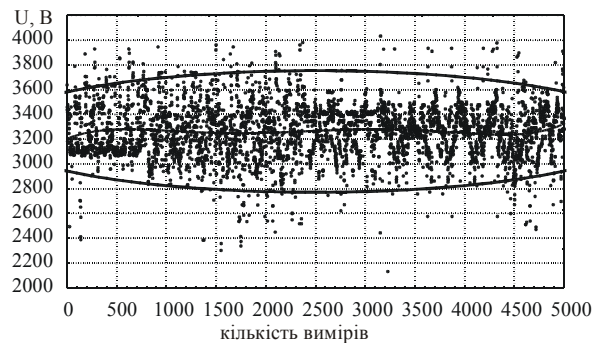


Рис. 1. Поле возможных напряжений на токоприёмнике электровозов ДЭ 1 на участках Приднепровской железной дороги

На основании полученных величин U ниже выполнена оценка следующих ПКЭ [1].

Для исследуемого напряжения **отклонение напряжения** определяется относительной разностью между действительным U и номинальным $U_{\text{ном}}$ значениями напряжения на токоприемнике:

$$\delta U = \frac{U - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%$$

Отклонение от максимального значения составило 36,7 %, а по минимальному 28,95 % при нормально допустимом $\pm 5\%$ и предельно допустимом значении $\pm 10\%$. К примеру, в машиностроении и металлургии $\delta U_0 = -10... + 4\%$, в

химической и горнодобывающей $-15...+5\%$, а на электродных заводах $-20...23\%$. В [2] под отклонением напряжения для тяговой сети предлагается понимать изменения напряжения такой длительности, которые приводят к изменению скорости движения поезда. При этом следует считать отклонение положительным, если $U > U_{\text{ном}}$, и отрицательным, если $U < U_{\text{ном}}$.

Под **колебаниями напряжения** понимают быстрые изменения напряжения, происходящие со скоростью $1...2\%$ в секунду и более. В [2] под колебаниями напряжения в тяговой сети предлагается подразумевать изменения напряжения в такие короткие промежутки времени, за которые скорость поезда измениться не успевает.

Колебания напряжения характеризуются амплитудой (размахом) колебаний

$$\delta U_t = \frac{|U_{\text{max}} - U_{\text{min}}|}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%.$$

Для исследуемого напряжения на токоприёмнике величина $\delta U_t = 49,55\%$ при норме до $6...10\%$ по рекомендациям европейского стандарта EN50160.

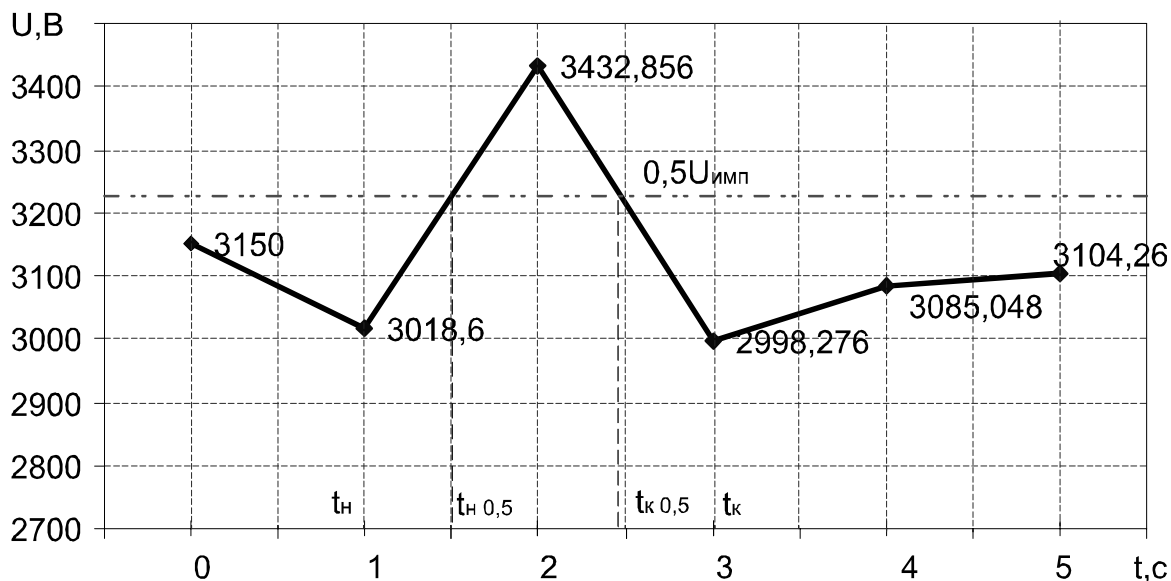


Рис. 2. Импульс напряжения на токоприёмнике электровоза ДЭ 1 на участках Приднепровской железной дороги

Длительность импульса оценивают по выражению:

$$\Delta t_{\text{имп}0,5} = t_{\text{к}0,5} - t_{\text{н}0,5},$$

где $t_{\text{к}0,5}$, $t_{\text{н}0,5}$ — начальный и конечный моменты времени, соответствующие пересечению кривой импульса напряжения горизонтальной

Провал напряжения характеризуется длительностью $\Delta t_{\text{п}}$ и глубиной $\delta U_{\text{п}}$ провала. Согласно ГОСТ 13109-97, в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно предельно допустимое значение длительности провала составляет 30 с. Для исследуемого напряжения величина $\Delta t_{\text{п}} = 1,8$ с. Глубина провала определяется по выражению

$$\delta U_{\text{п}} = \frac{|U_{\text{ном}} - U_{\text{min}}|}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%$$

и составила $19,6\%$. Предельно допустимые значения $\delta U_{\text{п}}$ не установлены. В электрических сетях $3...6$ кВ машиностроительных предприятий $\delta U_{\text{п}} = 20\%$, а $\Delta t_{\text{п}}$ составляет от 0,2 до 30 с.

Под **импульсом напряжения** принято понимать резкое изменение напряжения в точке электрической сети (в рассматриваемом случае между токоприёмником и рельсом), за которым следует восстановление напряжения до первоначального. Импульс напряжения нормируется его максимальным значением $U_{\text{имп}}$ и длительностью $\Delta t_{\text{имп}0,5}$. При этом длительность фронта не должна превышать 5 мс.

линией, проведённой на половине амплитуды импульса $0,5U_{\text{имп}}$.

Для исследуемого напряжения на токоприёмнике $U_{\text{имп}} = 414,26$ В, $\Delta t_{\text{имп}0,5} = 2,8$ с, их предельно допустимые значения не установлены.

Как показывает вышеприведенный анализ, фактические значения показателей качества электроэнергии для электроподвижного состава постоянного тока находятся вне допустимых пределов, что, естественно, отрицательно сказывается на работе электрооборудования электрических локомотивов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жежеленко И. В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях [Текст] / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
2. Марквардт, К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст] / К. Г. Марквардт. – М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
3. Розенфельд, В. Е. Теория электрической тяги [Текст] / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров. – М.: Транспорт, 1983. – 328 с.
4. Марквардт, Г. Г. Определение числа выбросов токов и напряжений на тяговых подстанциях электрических железных дорог [Текст] / Г. Г. Марквардт // Тр. МИИТа, 1965. – Вып. 213. – С. 4-16.
5. Марквардт, Г. Г. Статистические характеристики напряжения на тяговых подстанциях [Текст] / Г. Г. Марквардт // Тр. ВЗИИТа, 1971. – Вып. 53. – С. 5-19.
6. Статистический анализ режимов напряжения тяговых подстанций [Текст] / В. М. Лебедев и др. // Тр. МИИТа. – 1979. – Вып. 636. – С. 102-106.
7. Мирошниченко, Р. И. Режимы работы электрифицированных участков [Текст] / Р. И. Мирошниченко. – М.: Транспорт, 1982. – 208 с.
8. Мищенко, Т. Н. Вероятностные характеристики случайной функции напряжения на токоприёмнике первого украинского электровоза ДЭ1 [Текст] / Т. Н. Мищенко, П. Е. Михаличенко, Н. А. Костин // Електротехніка і електромеханіка, 2003. – № 2. – С. 43-46.
9. Міщенко, Т. М. Викиди напруги на струмоприймачі електровоза ДЕ1 [Текст] / Т. М. Міщенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2004. – Вип. 4. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2004. – С. 56-60.

Поступила в редколлегию 07.07.2008.