

Трансформатор с шестифазной вторичной обмоткой, используемый в гальванотехнике

Мирослав Лукевски

Трехфазные выпрямители находят большое применение в промышленности. В технологических процессах гальваники широко распространены шестипульсные выпрямители благодаря относительно простой конструкции и хорошим эксплуатационным параметрам. В статье представлен трансформатор с шестифазной вторичной обмоткой типа ET6S, являющийся основным элементом в гальванических установках с шестипульсным выпрямителем с нейтральным проводом.

1. Гальванотехника

Гальваника использует электрохимические явления (описанные законами Фарадея) сопровождающиеся потоком электрического тока между электродами, погруженными в гальваническую ванну. Цель гальванотехнических процедур – получить поверхность с характеристиками драгоценных, или полудрагоценных металлов. Такие поверхности имеют повышенную стойкость к стиранию, улучшенные электрические свойства, повышенную степень отражения света, или ярче блеск поверхности. Часто при помощи гальванических процессов регенерируют поверхность механически поврежденных элементов, либо создают защитную антикоррозионную пленку. Гальваническое покрытие представляет собой тонкую пленку драгоценного металла толщиной от нескольких микрометров до нескольких десятков микрометров, крепко посаженный на основу [1].

Источником электрической энергии в процессах гальванизации являются управляемые выпрямители, мощность которых соответствует технологическим требованиям. Выпрямитель, используемый в гальванике, должен иметь возможность регулирования выходных тока и напряжения.

2. Трансформатор с шестифазной вторичной обмоткой

Технология гальваники требует использование выпрямителей, которые дают возможность получения больших выходных токов порядка тысячи ампер, а также небольших напряжений – порядка от нескольких вольт до двадцати вольт. При таком большом токе даже небольшое падение напряжения на полупроводниковом элементе вызывает существенное изменение полученной от выпрямителя мощности. Структура шестипульсного выпрямителя с нейтральным проводом обеспечивает в любой момент времени работу только одного полупроводникового элемента (в шестипульсной мостовой схеме одновременно работают два полупроводниковых элемента), результатом этого является небольшая потеря выходного напряжения. Эта система дает возможность получить

хорошие выходные параметры выпрямителя при ограниченной мощности трансформатора.

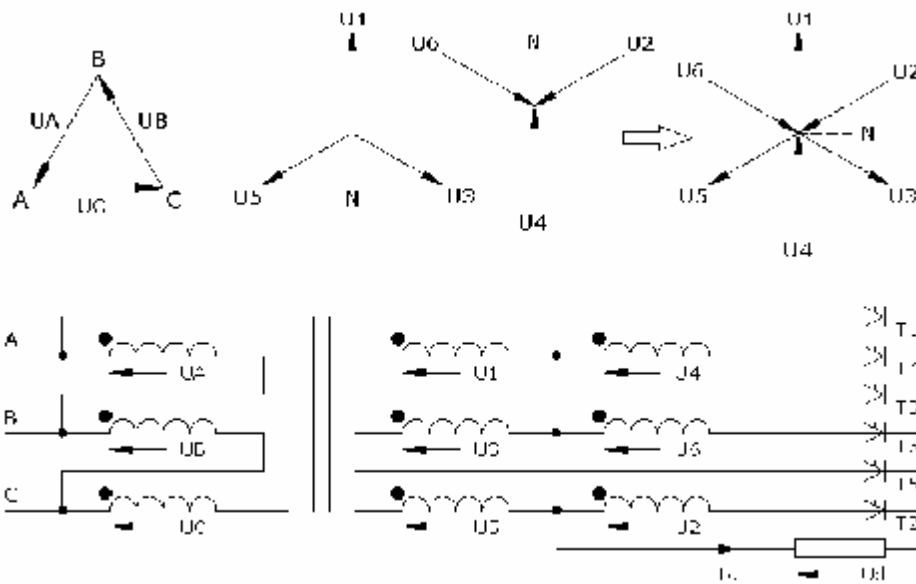


Рис 1. Векторные диаграммы и принципиальная схема шестипульсового выпрямителя с нейтральным проводом

Трансформатор мощности типа ЕТ6S составляет основной элемент системы выпрямителя. Первичная обмотка трансформатора ЕТ6S соединена в треугольник, либо в «звезду» и питается от трехфазной промышленной сети. Две вторичные обмотки, соединенные в «звезду» с соответствующими группами соединений, соединены непосредственным замыканием концов звезды. Благодаря этому из фазовых напряжений вторичных обмоток создается симметричная шестифазная система. Вторичные напряжения трансформатора взаимно смещены на фазовые углы $\pi/3$ и имеют одинаковое значение (1).

$$U_2 = \frac{P}{3\sqrt{2}} \cdot U_d \quad (1)$$

где: U_2 – действующее значение фазового напряжения вторичной обмотки трансформатора, U_d – среднее значение выпрямленного напряжения.

Вторичная цепь трансформатора, работающего в шестипульсовом выпрямителе с нейтральным проводом, нагружена прямоугольными однонаправленными импульсами тока. Ширина импульсов тока соответствует углу $\pi/3$. Действующее значение тока нагрузки трансформатора выражается формулой (2). Однонаправленный вторичный ток является невыгодным, поскольку он содержит постоянную составляющую. Подмагничивание сердечника потоком,

содержащим постоянную составляющую, является причиной смещения рабочей точки на петле гистерезиса магнитной системы трансформатора, что в результате приводит к недоиспользованию трансформатора по мощности [2].

$$I_2 = I_T = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot I_d \quad (2)$$

где: I_2 – действующее значение фазного тока вторичной обмотки трансформатора, I_T – действующее значение тока тиристора, I_d – среднее значение выпрямленного тока.



Рис 2. Трансформатор преобразовательный типа ЕТ6S мощностью ок. 60 кВА

Из-за неодинаковой нагрузки первичных и вторичных обмоток в трансформаторах, работающих в шестипульсных выпрямителях с нейтральным проводником, мнимая расчетная мощность трансформатора S_{TR} определяется с помощью формул:

$$S_1 = m_1 \cdot U_1 \cdot I_1 \approx 1,28 \cdot P_d \quad (3)$$

$$S_2 = m_2 \cdot U_2 \cdot I_2 \approx 1,81 \cdot P_d \quad (4)$$

$$S_{TR} = \frac{S_1 + S_2}{2} = 1,55 \cdot P_d \quad (5)$$

где: S_1, S_2 – мнимые мощности первичной и вторичной обмоток трансформатора, m_1, m_2 – числа фаз первичной и вторичной обмоток трансформатора, I_1, I_2 – действующие значения токов первичной и вторичной обмоток трансформатора, P_d – мощность нагрузки со стороны постоянного тока.[3]

Индуктивность рассеяния преобразовательного трансформатора является параметром, который может повысить надежность полупроводниковых элементов выпрямителя. Он определяет значение ожидаемого тока короткого замыкания, а также влияет на скорость нарастания тока через тиристоры. Показателем значения индуктивности рассеяния является прямо пропорциональное к ней напряжение короткого замыкания трансформатора. Напряжения короткого замыкания преобразовательных трансформаторов должны достигать значения от 4% до 10% в зависимости от мощности трансформатора [2, 3]

3. Литература

- [1] – Poradnik Inżyniera Elektryka, Elektrochemia, tom 1, WNT W-wa 1999r.
- [2] – Poradnik Inżyniera Energoelektronika, M. Nowak, R. Barlik, WNT W-wa 1998r.
- [3] – Technika Tyristorowa, R. Barlik, M. Nowak, WNT W-wa 1994r.
- [4] – Polska Norma PN-EN 61378-1, Transformatory przekształtnikowe. Transformatory do zastosowań przemysłowych, PKN czerwiec 2000r.
- [5] – Dokumentacje techniczne transformatorów typu ET6S, Elhand Transformatory