

### **Список использованной литературы**

1. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: учебник/ В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2011. – 543с.
2. Козловская, В.Б. Перспективы применения источников света на основе светодиодов / Козловская В.Б. [и др.] // Энергоэффективность. – 2009. – №5. – с. 16
3. СН 2.04.03-2020 Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2020. – 92с.
4. ТКП 45-4.04-296-2014 Силовое и осветительное электрооборудование промышленных предприятий. Правила проектирования. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2014. – 51с.
5. ГОСТ 24940-2016. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности – Москва: Стандартинформ, 2019. – 19с.
6. Санитарные правила и нормы (СанПиН) «Санитарные правила и нормы содержания и эксплуатации производственных предприятий» от 17.12.1998 № 9-94-98. – 31.12.1998 г. – № 53.

**УДК 621.313**

**Чака И.Ю., аспирант, Збродыга В.М., к.т.н., доцент**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

### **ОБ УЧЕТЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ**

Авторы рассматривают возможность создания терминалов релейной защиты, пусковые органы которого реагируют на изменение параметров высокочастотного тока, генерируемого в фазные провода линии электропередачи от внешнего генератора синусоидального тока [1]. Первичными датчиками для предлагаемого устройства РЗА являются высокочастотные измерительные трансформаторы тока и напряжения (ВЧ ИТТ и ВЧ ИТН).

Из-за потерь в трансформаторе напряжение вторичной обмотки ВЧ ИТН, умноженное на коэффициент трансформации, отличается от напряжения первичной обмотки. Разность между ними пред-

ставляет собой погрешность измерения напряжения по амплитудным значениям:

$$\Delta U = \frac{U_{\text{ИТН}}^{\text{П}} \cdot K_{\text{итн}} - U_{\text{ИТН}}^{\text{П}}}{U_{\text{ИТН}}^{\text{П}}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

где  $U_{\text{ИТН}}^{\text{П}}$  – величина напряжения первичной обмотке ВЧ ИТН, В;

$U_{\text{ИТН}}^{\text{ВТ}}$  – величина напряжения во вторичной обмотке ВЧ ИТН, В;

$K_{\text{итн}}$  – коэффициент трансформации ВЧ ИТН.

Аналогичная погрешность возникает в ВЧ ИТТ:

$$\Delta I = \frac{I_{\text{ИТТ}}^{\text{П}} \cdot K_{\text{итт}} - I_{\text{ИТТ}}^{\text{П}}}{I_{\text{ИТТ}}^{\text{П}}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

где  $I_{\text{ИТТ}}^{\text{П}}$  – величина тока в первичной обмотке ВЧ ИТТ, А;

$I_{\text{ИТТ}}^{\text{ВТ}}$  – величина тока во вторичной обмотке ВЧ ИТТ, А;

$K_{\text{итт}}$  – коэффициент трансформации ВЧ ИТТ.

В ВЧ ИТН и ВЧ ИТТ возникают еще и угловые погрешности ( $\Delta\phi_U$  и  $\Delta\phi_I$ ), обусловленные несовпадением фаз первичного и вторичного напряжений или токов (рисунок 1). Действительные части векторов  $\Delta\bar{U}$ ,  $\Delta\bar{I}$  на рисунке 1 соответствуют погрешностям измерения напряжения и тока по амплитудным значениям, а мнимые – угловым погрешностям. Сумма погрешностей  $\Delta\bar{U}$ ,  $\Delta\bar{I}$  представляет собой погрешность измерения высокочастотного импеданса устройством релейной защиты.

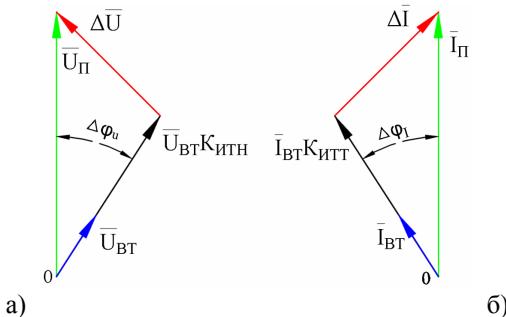


Рисунок 1 – Векторные диаграммы: а – для ВЧ ИТН; б – для ВЧ ИТТ

Погрешности по амплитудным значениям и угловые погрешности ВЧ ИТН и ВЧ ИТТ должны быть учтены при задании уставок релейной защиты, чтобы исключить ложное срабатывание терминалов РЗА.

### **Список используемой литературы**

1. Об использовании высокочастотного тока в терминалах релейной защиты / И. Ю. Чака [и др.] // Агропанорама. – 2025. – №2. – С. 8–13.

**УДК 621.316**

**Зеленъкевич А.И., к.т.н., доцент, Берсенев А.В.**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

## **ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ВАКУУМНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ**

Современные тенденции в развитии металлургических и машиностроительных производств связаны с широким внедрением энергосберегающих технологий, автоматизации и повышения качества конечной продукции. Одним из наиболее прогрессивных видов оборудования, применяемых для переплава и рафинирования металлических сплавов, являются вакуумные индукционные печи (ВИП). Эти установки обеспечивают высокую чистоту металла, точное регулирование температуры и химического состава, а также позволяют реализовать гибкие технологические режимы.

Однако эксплуатация ВИП сопровождается значительными электромагнитными воздействиями на сеть электроснабжения. Индукционные печи относятся к классу нелинейных, несимметричных и нестационарных нагрузок, генерирующих высшие гармоники и создающих токи небаланса. Возникающие искажения тока и напряжения снижают качество электроэнергии, вызывают дополнительные потери в трансформаторах и кабельных линиях, перегрев и вибрацию электрических машин, а также помехи в системах управления и измерения. В ряде случаев наблюдается нарушение требований по электромагнитной совместимости (ЭМС) в промышленных сетях.

Вакуумные индукционные печи представляют собой сложные электромеханические установки. Основным элементом установки