Учайкин Е.О. 1, Гвоздарев А.Ю. 2, Бородин П.Б. 3.

1 Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия

2 Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с.Паратунка Камчатского края, Россия

3 Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Повышение точности измерений геоиндуцированных токов в высоковольтных линиях электропередач на примере энергетической сети Республики Алтай

Для измерений геоиндуцированных токов в заземленной нейтрали трансформатора энергосистемы 110 кВ Республике Алтай был разработан датчик тока на основе клещей с разрешением 1мА, что позволило зарегистрировать ГИТ не только во время сильных магнитных бурь 2024 года, но и в спокойных геомагнитных условиях.

За основу измерительного комплекса были взяты стандартные токовые клещи минимального диаметра D-338 и в них были заменены холловские датчики магнитного поля на SS495 с аналоговым выходом.  Оси датчиков направлены в одном направлении, чтобы при вычитании сигнала компенсировался температурный дрейф и внешние магнитные поля. Такой подход очень важен, так как измерения проводись в полевых условиях, среди большого количества металлоконструкций подстанции. Следует отметить, что и сам заземляющий проводник нейтрали, на котором проводись измерения, выполнен из стали. Также в токовые клещи был встроен прецизионный термометр TC1047, для выполнения последующий термокоррекции измерений путем вычитания температурной зависимости из данных. На практике наличие гистерезиса в температурной зависимости показаний датчика тока и сильное изменение температуры в течение суток потребовало обработки данных в 15-минутных окнах с компенсацией тренда полиномом второго порядка.

Аналоговые выходы датчиков подключены к разработанному регистратору напряжения на основе прецизионного 24х битного АЦП AD7734. Привязка к времени UTC измерений производится с помощью GPS модема. Запись данных производилась на SD флэш карту. Клещи устанавливались на шину заземления силового трансформатора  110/10 кВ 2.5 МВА на подстанции «Ининская».

Мониторинг осуществлялся с 15 апреля по декабрь 2024 г. Максимальный ток, который был зафиксирован во время экстремальной бури 10 мая 2024, составил 1А.  Типичный ток в время средних бурь с индексом Kp=6 имеет значение порядка 100 мА. Такие небольшие токи обусловлены тем, что система высоковольтного электроснабжения (110 кВ) Республики Алтай находится в средних широтах, кроме того, активное сопротивление ЛЭП и первичных обмоток силовых трансформаторов достаточно велико. С другой стороны, удельное сопротивление подстилающих пород также достаточно велико, так местность, где проходят ЛЭП, гористая, и это в целом понижает величину ГИТ.

Благодаря высокому разрешению измерений удалось верифицировать математическую модель, которая предсказывает величину ГИТ на основе данных магнитной станции «Байгазан», находящейся на территории Алтайского заповедника. Кроме того, за счёт высокого разрешения в составе ГИТ были обнаружены переменные составляющие, наведённые от микропульсаций Pс3 и Pi2, наблюдавшиеся даже в относительно спокойных геомагнитных условиях.

**Данная работа посвящена одному подходу разработки высокоточного амперметра на базе токовых клещей для измерения ГИТ в нейтралах силовых трансформаторов.**

*Ключевые слова: магнитные бури, геоиндуцированные токи, датчик тока, прецизионные измерения.*