



Научно-производственное предприятие «ЭКРА»

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ИЗМЕРЕНИЕ СТЕПЕНИ РАССТРОЙКИ КОМПЕНСАЦИИ ЕМКОСТНОГО ТОКА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НАЛОЖЕНИЯ ТОКОВ ДВУХ ЧАСТОТ

Пашковский С.Н.

ООО НПП "ЭКРА", Чебоксары, Россия

Вайнштейн Р.А., Юдин С.М., Шестакова В.В., Сербулов А.Н.

Томский политехнический университет, Томск, Россия

**Сочи, «Современные направления развития систем релейной защиты и
автоматики энергосистем 01-05 июня 2015 года»**



Постановка задачи:

- существует целый ряд работ, где уделяется большое внимание вопросу выбора режима заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ, способам контроля и управления режимом заземления в процессе эксплуатации;
- **эффективность применения компенсации емкостного тока зависит:**

а) от точности настройки ДГР, которая оценивается коэффициентом расстройки компенсации:

$$\nu = 1 - \frac{I_L}{I_C} = 1 - \frac{1}{\omega_{\Pi}^2 LC}, \quad (1)$$

где $I_L = U_{\phi} / \omega_{\Pi} L$, $I_C = U_{\phi} \omega_{\Pi} C$, а U_{ϕ} и ω_{Π} – фазное напряжение и частота тока сети.

б) типа регулирования индуктивности ДГР (плавное регулирование или ступенчатое регулирование (с переключением подстроечных выводов отпаяек)).



Некоторые распространенные методы контроля и измерения степени расстройки компенсации емкостного тока (**осуществляют настройку ДГР в нормальном режиме**):

- *измерение напряжения промышленной частоты на ДГР, за счет введения искусственной несимметрии сети;*
- *метод измерения частоты свободных колебаний в контуре нулевой последовательности;*
- *методы, основанные на наложении на сеть токов с частотой отличной от промышленной.*



Измерение степени расстройки компенсации емкостного тока замыкания на землю на основе метода наложения токов двух частот

Вариант метода наложения вспомогательных токов двух частот:

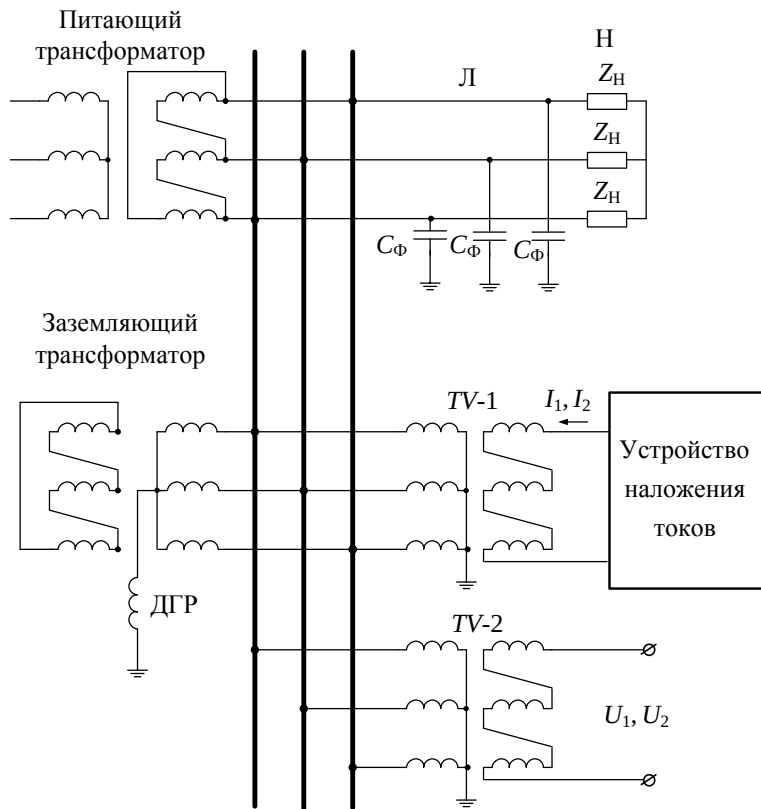


Рис. 1. Схема подключения основных элементов для реализации измерения расстройки компенсации

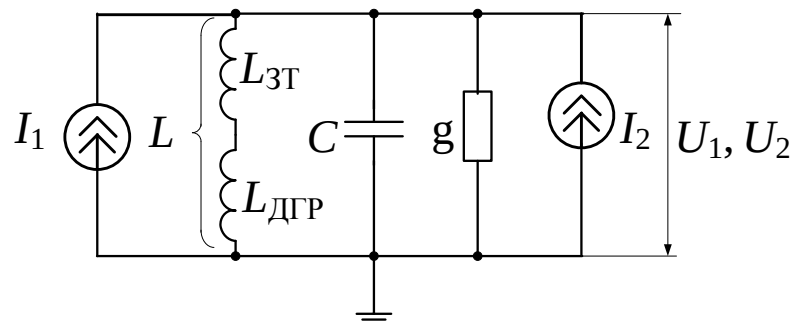


Рис. 2. Схема нулевой последовательности



Измерение степени расстройки компенсации емкостного тока замыкания на землю на основе метода наложения токов двух частот

$$A_v = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1 \sqrt{d^2 + \frac{1}{K_2^2} (K_2^2 - 1 + v)^2}}{I_2 \sqrt{d^2 + \frac{1}{K_1^2} (K_1^2 - 1 + v)^2}} \quad (2)$$

где $K_1 = \omega_1 / \omega_n$, $K_2 = \omega_2 / \omega_n$.

На практике коэффициент демпфирования d величина небольшая и, как правило, лежит в пределах 0,03–0,05, поэтому она вносит небольшую методическую погрешность в измерение u , которая проанализирована далее. Для выявления основных свойств данного метода примем пока $d=0$, а далее учтем её при определении методической погрешности.

Также примем, что источник токов I_1 , I_2 выполнен так, что соблюдается условие $I_1/I_2=1$.



Измерение степени расстройки компенсации емкостного тока замыкания на землю на основе метода наложения токов двух частот

Чувствительность параметра A_u к малым отклонениям u от нулевого значения оценивается по (3):

$$\frac{dA_u}{du} = \frac{K_1 K_2}{K_1^2 + K_2^2} \quad (3)$$

$$K_1 = \frac{A_u}{u} \quad K_2 = \frac{A_u}{u} \quad (4)$$

$$\frac{dA_u}{du} = \frac{4}{A_u^2} \quad (5)$$

$$K_1 \geq \sqrt{1 + u_{\max}} \quad (u_{\max} > 0) \quad K_2 \leq \sqrt{1 - u_{\max}} \quad (\text{при } u_{\max} < 0)$$

При $|u_{\max}| = |0,7|$ получаем $K_1 \geq 1,304$, $K_2 \leq 0,547$.



Измерение степени расстройки компенсации емкостного тока замыкания на землю на основе метода наложения токов двух частот

Для реализации автоматической настройки компенсации необходимо сформировать параметр ΔA_u , который должен удовлетворять условиям: при $u=0$, $\Delta A_u=0$; при $u>0$, $\Delta A_u>0$; при $u<0$, $\Delta A_u<0$:

$$\Delta A_u = \frac{(K_2 K_1) - (K_2 K_1)}{(K_2 K_1) - (K_2 K_1)}$$

(6)

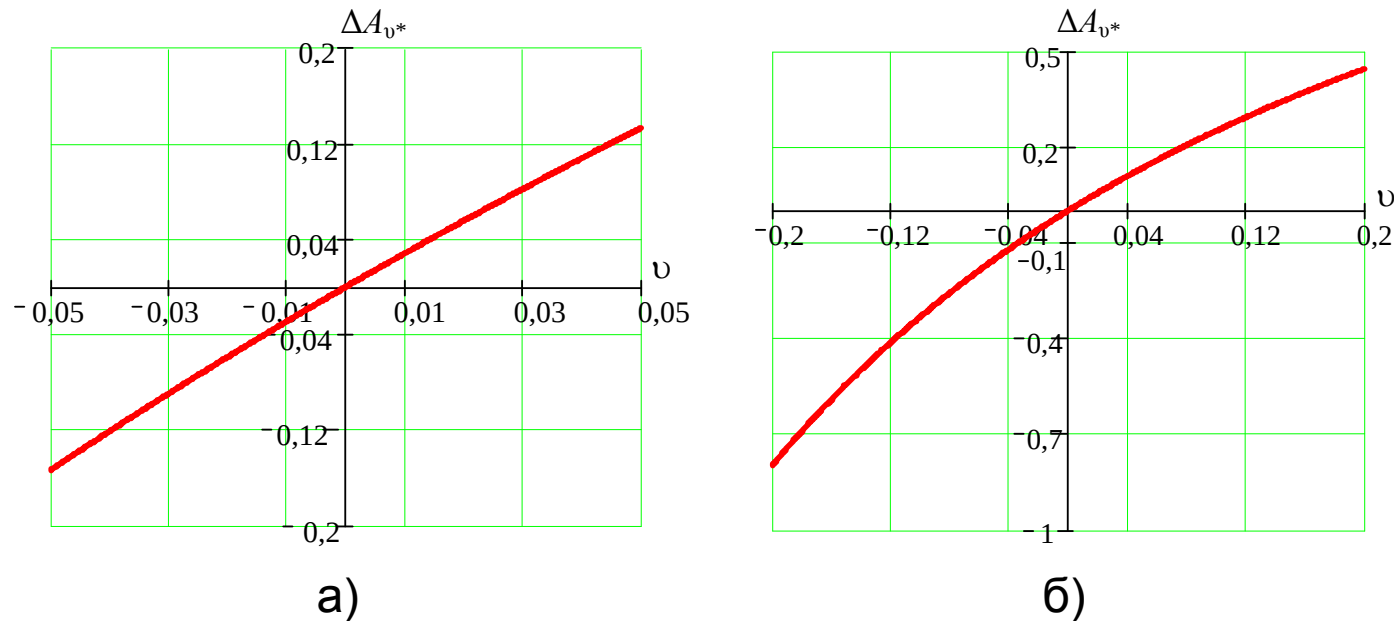


Рис. 3. Изменение параметра ΔA_{u*} при u : а) $\pm 0,05$; б) $\pm 0,2$



Измерение степени расстройки компенсации емкостного тока замыкания на землю на основе метода наложения токов двух частот



(7)

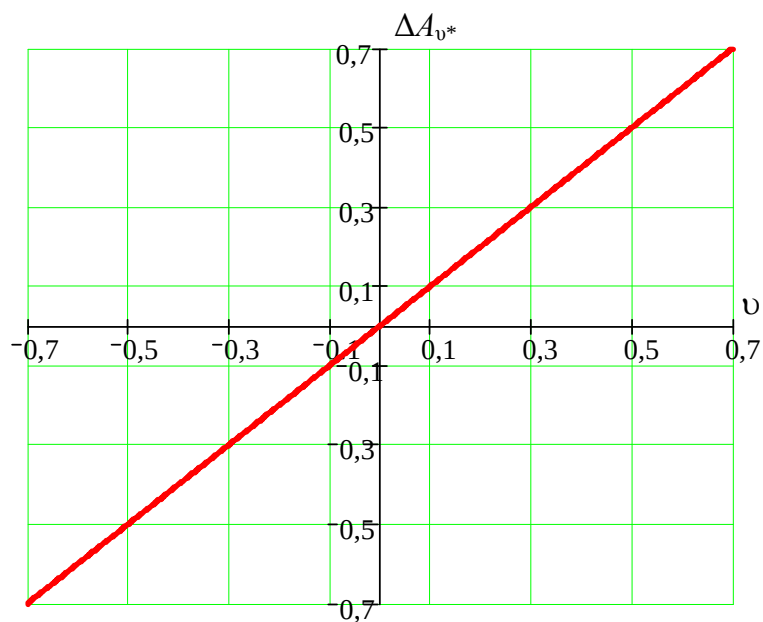


Рис. 4. Зависимость параметра ΔA_{0*} по (12) в диапазоне $u=\pm 0,7$



Измерение степени расстройки компенсации емкостного тока замыкания на землю на основе метода наложения токов двух частот

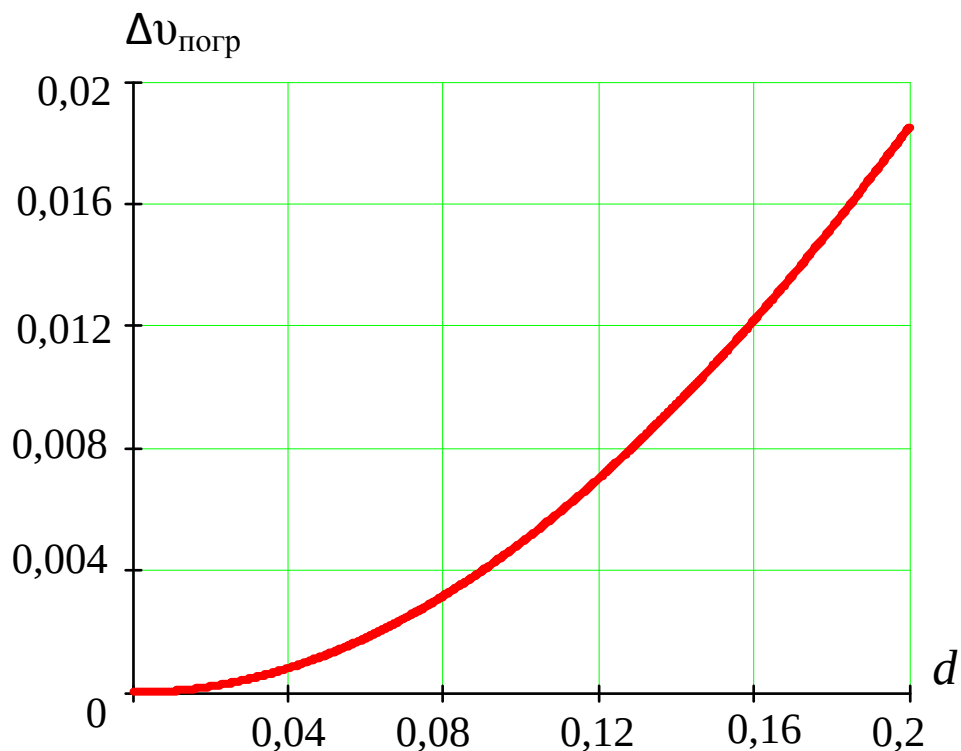


Рис. 5. Зависимость абсолютной погрешности измерения u при фактически точной настройке при различных коэффициентах демпфирования



Выводы:

1. Метод измерения степени расстройки компенсации на основе наложения токов двух частот через типовой трансформатор напряжения позволяет обеспечить измерение расстройки компенсации емкостного тока при реальных значениях коэффициента демпфирования с достаточной точностью.
2. Основой для технической реализации предлагаемого метода контроля расстройки компенсации может быть источник тока не промышленной частоты, используемый для защиты от замыканий на землю генераторов и апробированный на практике.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

