

# Анализ работы удаленного ветрогенератора с помощью синхрофазоров

Эндрю Свингхамер (Andrew Swinghamer)

## ВВЕДЕНИЕ

В этой инструкции по применению иллюстрируются принципы анализа влияния удаленных ветрогенераторов на энергосистемы крупных населенных пунктов путем отслеживания угла сдвига фазы (эти данные приходят от синхронизированных модулей измерения фазы всех участков).

## ПРИМЕНЕНИЕ

В этом документе подводятся основные выводы о влиянии распределенной сети ветрогенераторов на высоковольтную энергосистему на основе наблюдений за множеством векторов напряжения и частот. Функциональный блок модального анализа в синхрофазорном векторном процессоре (SVP) SEL-3378 служит для извлечения частотного компонента сигнала в совокупность с коэффициентом затухания. Данные вывода функционального блока модального анализа отправляются на внешний клиент IEEE C37.118 для дальнейшего анализа.

## РЕШЕНИЕ SEL

На рисунке 1 изображены удаленные ветрогенераторы, передающие энергию через упрощенную полевую двухзажимную линию в крупный населенный пункт. По обоим концам линии установлены системы защиты, автоматизации и управления SEL-421, отправляющие синхронизированные по времени данные измерений в модуль SEL-3378.

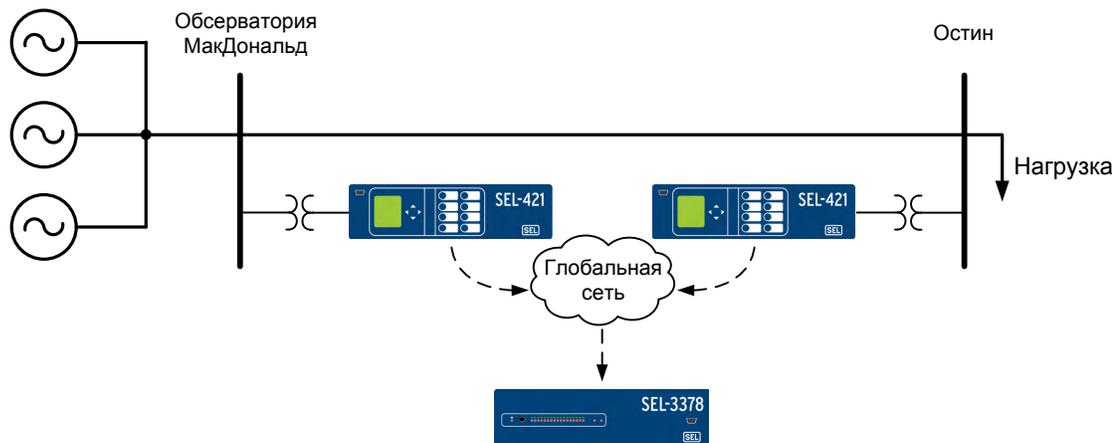


Рисунок 1 Упрощенная однолинейная схема

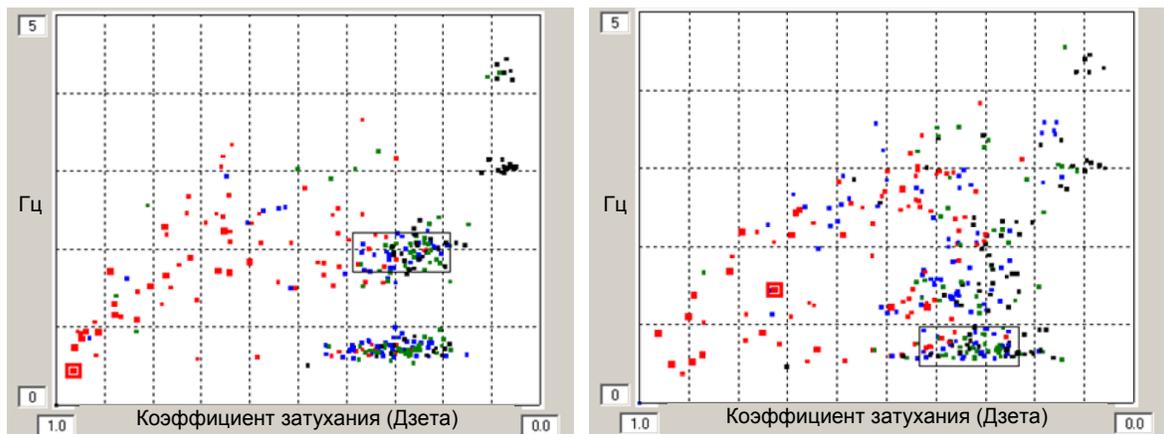
Модуль SEL-3378 отправляет выровненные по времени векторные данные на консольное приложение SEL-5078 synchroWAVE® Console, которое работает на внешнем компьютере и отображает угол сдвига фазы и разность частот между источником и нагрузкой. Кроме того, с другого вывода данные могут отправляться программе-архиватору SEL-5076 synchroWAVE Archiver для архивирования и последующего планирования работы системы.

На рисунке 2 показана разность фаз между двумя отслеживаемыми станциями. Последующий анализ этих данных вместе с информацией, собранной в электросети, показал, что сдвиг фазы тем больше, чем больше выработанная ветрогенераторами мощность.



**Рисунок 2. Углы сдвига фаз в сети между ветрогенератором и населенным пунктом**

Используя функциональный блок модального анализа, можно выделить амплитуду, частоту и коэффициент затухания, характерные для режимов, возникающих в энергосистеме при изменении выработанной ветрогенераторами мощности. Чтобы сделать это, возьмем сигнал ввода (например, разность фаз между двумя устройствами векторных измерений (PMU)), время наблюдения в секундах и скользящее окно в процентах от времени наблюдения. На рисунке 3 показаны результаты модального анализа, отображающие зависимость частоты от коэффициента затухания для случаев, когда порывы ветра были очень высокими (от 13 до 14 % от общего объема генерации — в левой части) и очень низкими (менее 1 % от общего объема генерации — в правой части). График слева показывает высокую концентрацию отсчетов в районе 2 Гц в результате высокого порыва ветра.



**Рисунок 3 График анализа сдвига фаз. Высокий и низкий порыв ветра**