

Инновационный электротехнический кластер Чувашской Республики
Академия электротехнических наук Чувашской Республики
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
Подкомитет Б5 «Релейная защита и автоматика»
Российского национального комитета СИГРЭ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

**Материалы
научно-технической конференции
молодых специалистов форума
«РЕЛАВЭКСПО-2021»**

Чебоксары
2021

ПРЕЦИЗИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА КАЧАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Никитина А.Н., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия. E-mail: nikitina_an@erka.ru.

Петров В.С., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия. E-mail: petrov_vs@erka.ru.

Антонов В.И., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия. E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

Наумов В.А., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия. E-mail: naumov_va@ekra.ru.

***Аннотация:** в работе предлагается прецизионный способ определения места ЭЦК, основанный на декомпозиции входного сигнала асинхронного режима электрической сети.*

***Ключевые слова:** асинхронный режим, электрический центр качаний, автоматика ликвидации асинхронного режима.*

Введение

Входной электрический сигнал АЛАР в асинхронном режиме представляет собой сумму двух гармоник [1]. Традиционно АЛАР не используют эту особенность сигнала в своих алгоритмах, более того она рассматривается как усложняющее условия её функционирования. В настоящей работе делается попытка использовать эту особенность сигнала при прецизионном определении места электрического центра качания (ЭЦК) в асинхронном режиме электрической сети.

Сигналы асинхронного режима и информационные параметры

АЛАР используют локальные измерения тока и напряжения (рис. 1). Векторы тока и напряжения в месте установки устройства АЛАР в двухчастотном асинхронном режиме состоят из векторов токов $\underline{I}_H(\omega_1)$ и $\underline{I}_H(\omega_2)$ и напряжений $\underline{U}_H(\omega_1)$ и $\underline{U}_H(\omega_2)$ частот ω_1 и ω_2 источников $\underline{E}_1(\omega_1)$ и $\underline{E}_2(\omega_2)$

СООТВЕТСТВЕННО:

$$\underline{I}_H = \underline{I}_H(\omega_1) - \underline{I}_H(\omega_2), \quad (1)$$

$$\underline{U}_H = \underline{U}_H(\omega_1) + \underline{U}_H(\omega_2). \quad (2)$$

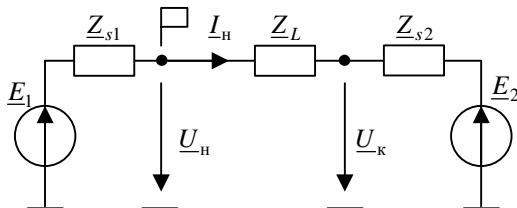


Рис. 1. Двухмашинная схема замещения ЭЭС: флажком обозначено место установки устройства АЛАР; \underline{E}_1 , \underline{E}_2 и \underline{Z}_{s1} , \underline{Z}_{s2} – эквивалентные ЭДС и сопротивления систем; \underline{Z}_L – сопротивление линии электропередачи; \underline{U}_H и \underline{I}_H – измеряемые напряжение и ток; \underline{U}_K – напряжение в конце контролируемого участка

Для функционирования АЛАР необходимо рассчитать напряжение в конце контролируемого участка [2], для расчета составляющих векторов напряжения используются измерения (1) и (2):

$$\underline{U}_K(\omega_1) = \underline{\mathbf{h}}(\omega_1) \left\| \begin{array}{c} \underline{U}_H(\omega_1) \\ \underline{I}_H(\omega_1) \end{array} \right\| \quad (3)$$

$$\underline{U}_K(\omega_2) = \underline{\mathbf{h}}(\omega_2) \left\| \begin{array}{c} \underline{U}_H(\omega_2) \\ \underline{I}_H(\omega_2) \end{array} \right\| \quad (4)$$

где $\underline{\mathbf{h}}(\omega_i) = \left\| 1 \quad \underline{Z}_L(\omega_i) \right\|^T$ – вектор параметров контролируемого участка, $i=1,2$. Искомый вектор напряжения в конце контролируемого участка будет равен:

$$\underline{U}_K = \underline{U}_K(\omega_1) + \underline{U}_K(\omega_2). \quad (5)$$

Локализация места ЭЦК

Местоположение ЭЦК на контролируемом участке определяется на основе анализа годографов векторов напряжения по его концам участка (2) и (5). Пример годографа, когда ЭЦК находится на контролируемом участке, приведен на рис. 2. Все векторы годографа находятся в движении в соответствии с

частотами своих гармоник, но относительное движение векторов статично относительно одной частоты. Удобно рассматривать годографы относительно векторов одной частоты, выражая другую частоту через первую: $\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega$, где $\Delta\omega$ – скольжение. Тогда составляющие результирующих векторов напряжений по концам участка представляются через векторы составляющих разных частот. Векторы составляющих частоты ω_1 будут фиксированы во времени, а векторы составляющих частоты ω_2 проскальзывают частотой скольжения $\Delta\omega$:

$$\underline{U}_H(k) = \underline{U}_H(\omega_1) + \underline{U}_H(\omega_2)e^{j\Delta\omega kT_s} \quad (6)$$

и

$$\underline{U}_K(k) = \underline{U}_K(\omega_1) + \underline{U}_K(\omega_2)e^{j\Delta\omega kT_s}. \quad (7)$$

Годографы напряжений (6) и (7) представляют собой окружности, положение центров которых определяются векторами напряжений частоты ω_1 , а величина радиусов – модулями векторов напряжения частоты ω_2 .

Признаком, что ЭЦК находится на контролируемом участке, является охват только одной из окружностей начала координат комплексной плоскости. В противном случае ЭЦК находится вне контролируемого участка.

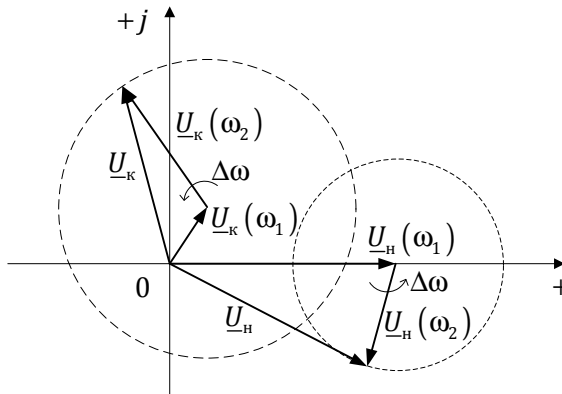


Рис. 2. Годографы векторов напряжения

Заключение

Декомпозиция сигнала асинхронного режима электрической сети на составляющие различных частот и использование моделей сети для отдельных составляющих сигнала повышает селективность и точность определения места электрического центра качания на контролируемом участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов В.И., Наумов В.А., Петров В.С., Солдатов А.В., Никитина А.Н. Новый способ выявления момента изменения режима электрической сети // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы XII Всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2017. С. 382–385.

2. Никитина А.Н. Петров В.С., Наумов В.А., Антонов В.И. Оптимальный учёт промежуточного отбора мощности в устройствах автоматики ликвидации асинхронного режима // Релейная защита и автоматизация», № 02 (39), 2020, с. 39 – 45.

Авторы:

Никитина Анастасия Николаевна, аспирант Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, инженер-исследователь 3 категории департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2020 г. окончила факультет энергетики и электротехники Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, получила степень магистра по направлению «Автоматика энергосистем». E-mail: nikitina_an@ekra.ru.

Петров Владимир Сергеевич, доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, руководитель группы департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2010 г. окончил электроэнергетический факультет Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. В 2015 г. защитил в Чувашском государственном университете имени И.Н. Ульянова кандидатскую диссертацию «Цифровая система автоматического ограничения повышения напряжения сетей 110-750 кВ». E-mail: petrov_vs@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, профессор кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики Чувашского государственного университета

им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике». E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

***Наумов Владимир Александрович**, доцент кафедры электроснабжения и интеллектуальных электроэнергетических систем им. А.А. Федорова Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, заместитель генерального директора – технический директор ООО НПП «ЭКРА». Получил диплом инженера в 2001 г., защитил магистерскую диссертацию в 2002 г. на электроэнергетическом факультете ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». E-mail: nauimov_va@ekra.ru.*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАБЛЮДАЕМОГО ПРОЦЕССА

Кочетов И. Д., ООО «Релематика», г. Чебоксары, Россия. E-mail: ivankochetov171298@mail.ru.

Лямец Ю. Я., ООО «Релематика», г. Чебоксары, Россия. E-mail: yu.ya.liamets@gmail.com.

Макашкин Ф. А., ООО «Релематика», г. Чебоксары, Россия, E-mail: fedya_makashkin@bk.ru

***Аннотация:** в релейной защите широко известна практика разделения наблюдаемого процесса на предшествующий и текущий режимы. Производный от них чисто аварийный режим наряду с текущим несёт в себе информацию о повреждении наблюдаемого энергообъекта. Было обнаружено, что текущий и чисто аварийный режимы в свою очередь могут быть разделены на две составляющие: нормальную (или экстремальную) и локальную. Различный подход в определении первого компонента обусловлен различной природой активизирующих их моделей: нормальная составляющая определяется моделью неповреждённого объекта, в то время как экстремальная – моделью его повреждённого состояния. Определяемая с их помощью локальная составляющая наблюдаемого процесса представляет особую информационную ценность для алгоритмов релейной защиты,*