

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
«Академия электротехнических наук Чувашской Республики»
Ассоциация «Инновационный территориальный
электротехнический кластер Чувашской Республики»

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Материалы
IV Международной научно-технической
конференции**

Чебоксары
2020

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЛАР НА ЛЭП СО МНОЖЕСТВОМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОТБОРОВ МОЩНОСТИ

Никитина А.Н., Петров В.С., Антонов В.И. Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация:** Обеспечение селективности действия АЛАР на линиях с промежуточным отбором мощности значительно затруднено неосуществимостью измерения величины мощности промежуточного отбора. Проблема усугубляется еще и тем, что величина отбираемой мощности на этих подстанциях меняется в широких пределах. В докладе предлагается повышение эффективности функционирования АЛАР на ЛЭП со множеством промежуточных отборов мощности путем преобразования контролируемого участка в эквивалентную схему с единственным отбором мощности.*

***Ключевые слова:** асинхронный режим, ЛЭП с промежуточным отбором мощности, автоматика ликвидации асинхронного режима.*

Устройство автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР) широко применяются на линиях напряжения 110–220 кВ, избыливающих промежуточным отбором мощности. Успешность ликвидации асинхронного режима зависит от точности определения местоположения электрического центра качания (ЭЦК) в пределах контролируемого участка [1]. Понятно, что при совпадении мощности отбора с уставкой АЛАР место ЭЦК будет определено с высокой точностью. Но любое отклонение параметров нагрузки от уставки приведет либо к сужению, либо к расширению зоны действия АЛАР [2].

Эффективность функционирования АЛАР обеспечивается учетом девиации границ контролируемой зоны, то есть пределов области расширения и сужения. Поскольку величина отбираемой мощности на ЛЭП меняется в широких пределах и неоднородна для измерения, возникает задача оптимального учета промежуточного отбора мощности в устройствах АЛАР.

Принципы оптимального учета промежуточного отбора мощности

Зачастую при расчете уставок предлагается учесть ответственные или проходные подстанции максимальной мощностью

отбора [3]. Такой учет промежуточного отбора мощности, как показано в работе [2] является не оптимальным.

Доказано [2], что при единственном отборе мощности на ЛЭП оптимальной уставкой АЛАР является вектор комплексной мощности, равноудаленный от верхней и нижней границы комплексной мощности нагрузки промежуточного отбора (рис. 1). С этой целью определяются характеристические параметры нагрузки: модуль

$$S_{b,set} = \frac{S_{b,max}}{2 \cos \left(\frac{\varphi_{b,max} - \varphi_{b,min}}{2} \right)}. \quad (1)$$

и аргумент

$$\varphi_{b,set} = \frac{1}{2} (\varphi_{b,max} + \varphi_{b,min}). \quad (2)$$

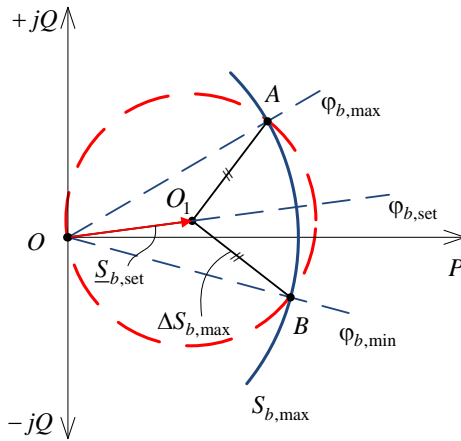


Рис. 1. Правило выбора уставки по мощности $S_{b,set}$

Определенный таким образом вектор комплексной мощности $S_{b,set}$ обеспечивает определение местоположения ЭЦК с точностью не хуже 7% от длины линии при одном промежуточном отборе мощности на ЛЭП, не превышающим 50% мощности, передаваемой по линии.

Принцип оптимального учета множества промежуточных отборов мощности

В общем случае ЛЭП имеет множество промежуточных отборов мощности (рис. 2). Классически, например в работе [3], множество мест промежуточного отбора мощности предлагается заменить одним средневзвешенным промежуточным отбором суммарной мощностью всех проходных подстанций. Поскольку нагрузка в конце контролируемого участка Z_{b3} не вносит вклад в погрешность определения местоположения ЭЦК, то её обычно не включают в состав суммарной нагрузки при эквивалентировании контролируемого участка.

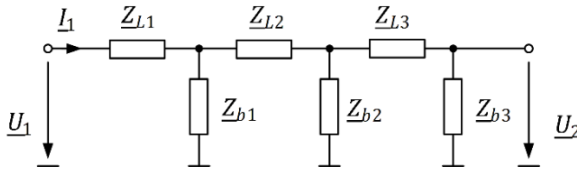


Рис. 2. Контролируемый участок АЛАР: U_1 и I_1 – измеряемое напряжение и ток АЛАР; U_2 – вычисляемое напряжение в конце контролируемого участка; Z_{L1} , Z_{L2} и Z_{L3} – сопротивление линии; Z_{b1} , Z_{b2} и Z_{b3} – сопротивление нагрузки

Для распространения принципов выбора уставки АЛАР при учете единственного промежуточного отбора мощности на выбор уставки при множественности отбора мощности предлагается схему контролируемого участка привести к виду, представленному на рис. 3. В этом случае сохраняется математическое описание контролируемого участка, и это позволяет использовать принцип выбора уставки АЛАР сформулированный для контролируемой ЛЭП с единственным отбором мощности.

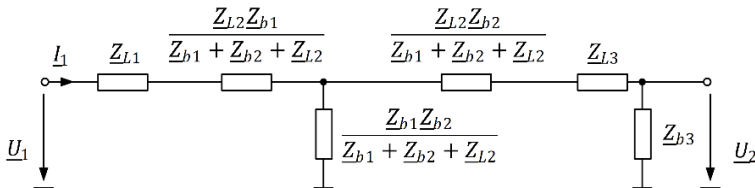


Рис. 3. Алгоритмическая модель контролируемой ЛЭП

Выводы

Повышение эффективности функционирования АЛАР на ЛЭП со множеством промежуточных отборов мощности достигается путем преобразования контролируемого участка в эквивалентную схему с единственным отбором мощности. Используемая в АЛАР алгоритмическая модель учитывает все мощности отбора, исключая отбор мощности в конце контролируемого участка.

Оптимальной уставкой АЛАР и в этом случае является вектор комплексной мощности, равноудаленный от верхней и нижней границы комплексной мощности нагрузки эквивалентированного промежуточного отбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никитина А.Н., Петров В.С.* Асинхронный режим электрической сети и способы его выявления // Сборник докладов науч.-техн. конф. молодых специалистов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – С. 72 – 77.

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. – 2020. – №2. – С. 39 – 45.

3. *Сушко В., Подшивалин А.* ЛЭП с промежуточным отбором мощности. Особенности настройки устройств АЛАР // Новости ЭлектроТехники. – 2010. – № 5. – С. 40 – 44.

Авторы:

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

Петров Владимир Сергеевич, руководитель группы департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Окончил в 2010 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2015 г. защитил в Чувашском государственном университете имени И.Н. Ульянова кандидатскую диссертацию «Цифровая система автоматического огра-

ничения повышения напряжения сетей 110-750 кВ». E-mail: petrov_vs@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», профессор кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике». E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Мясников Е.Ю., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация:** в представленной работе приведено описание принципа работы свёрточной нейронной сети, а также литературный обзор, направленный на выявление основных направлений применения нейронных сетей при решении задач электроэнергетики*

***Ключевые слова:** нейронные сети, релейная защита, диагностика, прогнозирование*

На сегодняшний день искусственные нейронные сети являются актуальной тематикой для исследований и находят применение в решении всё большего спектра задач в сфере электроэнергетики. Об этом свидетельствует постоянный рост количества научных работ и технических решений с использованием данного инструмента.

Под нейронной сетью (далее – НС) в статье понимается математическая модель, имитирующая способ обработки мозгом конкретной задачи и реализованная в виде программно-аппаратного комплекса.

Частным видом нейронных сетей является свёрточная нейронная сеть (далее – СНС). СНС – это многослойный персептрон с прямой связью, специализирующийся на распознавании двумерных поверхностей с высокой степенью инвариантности к преобразованиям, масштабированию, искажению и про-