

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

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

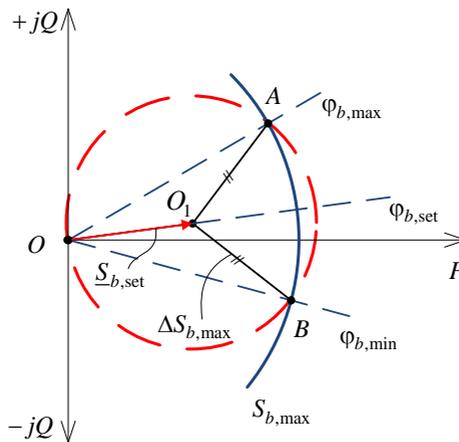


Рис. 1. Правило выбора уставки по мощности  $S_{b,set}$

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.

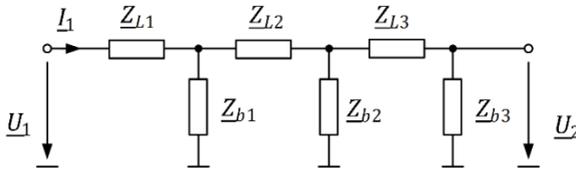


Рис. 2. Контролируемый участок АЛАР:  $U_1$  и  $I_1$  – измеряемое напряжение и ток АЛАР;  $U_2$  – вычисляемое напряжение в конце контролируемого участка;  $Z_{L1}$ ,  $Z_{L2}$  и  $Z_{L3}$  – сопротивление линии;  $Z_{b1}$ ,  $Z_{b2}$  и  $Z_{b3}$  – сопротивление нагрузки

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.

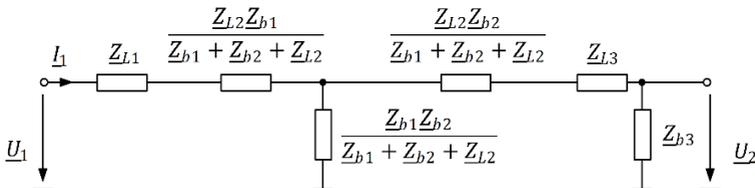


Рис. 3. Алгоритмическая модель контролируемой ЛЭП

## **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-