

# ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИКИ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

А.А. Жиленков

Томский политехнический университет  
ИШЭ, ОЭЭ, группа А0-42

Автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР) является последней ступенью перед массовым отключением потребителей электроэнергии. Однако используемые локальные устройства АЛАР обладают рядом недостатков, связанных с низким быстродействием, которое может привести к развитию двухчастотного асинхронного режима (АР) в многочастотный, с низкой чувствительностью, связанной с непопаданием годографа сопротивления дистанционного АЛАР в пределы характеристики срабатывания под влиянием внешних факторов, а также с низкой селективностью, связанной с возможным пересечением характеристик срабатывания нескольких локальных устройств АЛАР [1]. Кроме того, схемы размещения локальных устройств не всегда позволяют выполнить сбалансированное деление энергосистемы, что приводит к увеличению количества отключаемых потребителей, которого можно было бы избежать.

Перечисленные недостатки предлагается устранить за счет централизации АЛАР. При такой реализации, деление системы может выполняться не по сечению, на элементах которого располагается электрический центр качаний (ЭЦК), а по сечению, выбранному с учетом критериев обеспечения устойчивости отделившихся частей энергосистемы и минимизации небаланса активной мощности в них, что позволит сократить количество и объем управляющих воздействий противоаварийной автоматики, в особенности отключения потребителей электроэнергии действием автоматической частотной разгрузки (АЧР). При этом эффективность деления системы с точки зрения ликвидации асинхронного режима, обеспечивается за счет учета расположения когерентных групп генераторов относительно сечения деления системы. Сокращение времени ликвидации АР обеспечивается за счет интеллектуальных алгоритмов прогнозирования, позволяющих выявить АР до момента его возникновения. Централизация сбора информации о состоянии режима энергосистемы устраняет необходимость в наличии большого числа локальных устройств АЛАР, оперирующих ограниченным объемом данных. Использование синхронизированных векторных измерений (СВИ) за счет высокой дискретизации данных позволит обеспечить работу централизованной АЛАР (ЦАЛАР) в режиме реального времени.

Прогнозирование АР происходит в четыре этапа:

1. Формирование набора данных путем моделирования возмущений и переходных процессов.
2. Выполнение кластеризации данных, полученных по результатам моделирования, методом нечетких С-средних.
3. Обучение классификаторов на основе полученных кластеров методом опорных векторов [2–4].
4. Использование обученного классификатора для прогнозирования АР в режиме онлайн.

Если появление АР идентифицировано, необходимо выполнять деление системы. Для успешного деления необходимо определить группы когерентных генераторов, которые должны располагаться в разных частях разделенной энергосистемы. Их предлагается определять на основе центра инерции системы [5–7].

Когда спрогнозировано появление АР и определены группы когерентных генераторов, необходимо выбрать сечение, по которому будет выполняться деление системы. Для обеспечения динамической устойчивости отделившихся частей энергосистемы после деления должны выполняться критерии:

1. напряжение в узлах должно быть выше критического;
2. напряжение в контролируемых узлах должно быть ниже уставки второй ступени АОПН;
3. разность углов напряжений по концам линий электропередач не должно превышать  $\pm\pi$ ;
4. переток активной мощности в контролируемом сечении не должен превышать аварийно допустимого перетока;
5. ток по электросетевому оборудованию не должен превышать аварийно допустимой токовой нагрузки.

При выполнении вышеперечисленных критериев определяется окончательное сечение деления системы по условию минимизации небаланса активной мощности в отделившихся частях энергосистемы для уменьшения отключаемой посредством АЧР нагрузки.

На рисунке 1 представлена укрупненная структура ЦАЛАР. Предложенная архитектура системы ЦАЛАР включает в себя три блока, помеченных цветами на рисунке:

1. блок идентификации АР (желтый);
2. блок определения групп когерентных генераторов (фиолетовый);
3. блок выбора сечения деления системы (синий).

Работа ЦАЛАР включает в себя три этапа: II-До, I-До и После. На этапе II-До с помощью специализированных программных комплексов для расчета установившихся режимов и переходных процессов выполняется формирование наборов данных, на основе которых сразу выбираются потенциальные сечения для выполнения деления системы и обучаются классификаторы для идентификации АР. На этапе I-До на основе телеметрии уточняется состав потенциальных сечений и классификаторов, которые соответствуют текущей схемно-режимной ситуации. На этапе После, на основе данных СВИ в режиме онлайн, выполняется идентификация АР, определение групп когерентных генераторов и выбор окончательного сечения деления системы.

В таблице 1 представлено сравнение времени, при котором ЦАЛАР определил сечение деления системы и готов выдать управляющие воздействия (УВ), со временем наступления АР от момента появления возмущений, которые привели к АР, и указанные номерами 1–8.

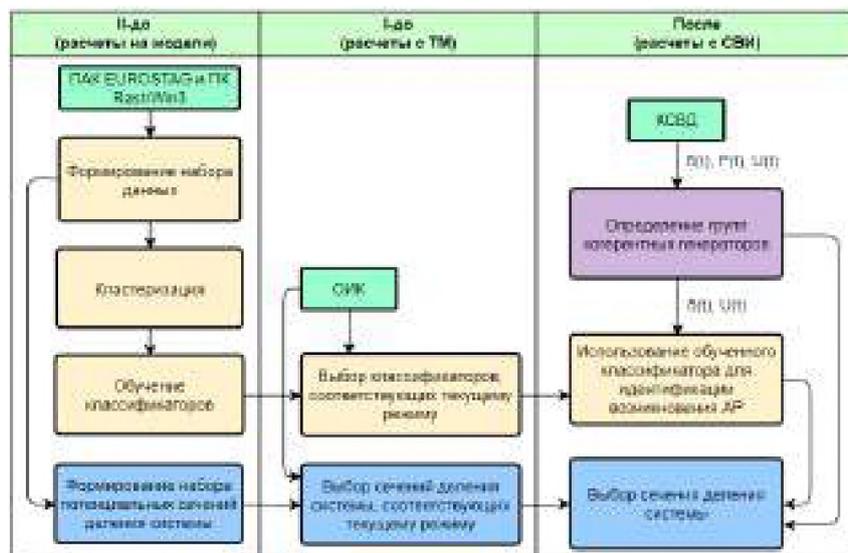


Рис. 1. Укрупнённая структура ЦАЛАР

Таблица 1. Время готовности к выдаче УВ для ликвидации АР посредством ЦАЛАР

Номер возмущения	1	2	3	4	5	6	7	8
Время готовности к выдаче УВ, мс	620	620	620	520	340	320	400	400
Момент наступления АР, мс	1390	1350	1385	690	1260	1295	580	580

Таким образом, ЦАЛАР позволяет идентифицировать АР и определить сечение, по которому необходимо выполнять деление системы, за меньшее время, чем непосредственно наступает АР (таблица 1). А деление по сечению, соответствующему сформулированным критериям, позволяет уменьшить объем управляющих воздействий противоаварийной автоматики, в частности АЧР, в отделившихся частях энергосистемы.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Анализ настройки устройств АЛАР в схеме выдачи мощности Нижне-Бурейской ГЭС / Крикун А.А. // ЭЭГМ: материалы X Международной научно-технической конференции. – 2019. – В 3 т. Т 1. – Иркутск, ИРНТУ. – 440 с.
2. Support Vector machine-based algorithm for post-fault transient stability status prediction using synchronized measurements / F.R. Gomez, A.D. Rajapakse, U.D. Annakkage, I.T. Fernando // IEEE Trans. Power Syst. – 2011.
3. Rotor Angle Instability Prediction Using Post-Disturbance Voltage Trajectories / A. Rajapakse, F. Gomez et al. // IEEE PES General Meeting. – 2010.
4. Прогнозирование нарушений динамической устойчивости генераторов на основе данных векторных измерений / Чухманов В.Ю., Прохоров А.В., Жиленков А.А. // ЭЭГМ: материалы X Международной научно-технической конференции, – 2019. – В 3 т. Т 2. – Иркутск, ИРНТУ. – 7 с.
5. Adaptive out-of-step protection schemes based on synchrophasors / D. Fan, V. Centeno // IEEE PES General Meeting, Conference & Exposition. – 2014.
6. A Wide Area Synchrophasor Based ANN Transient Stability Predictor for the Egyptian Power System / F. Hashiesh, H. E. Mostafa, I. Helal, M. M. Mansour // IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe). – 2010.
7. An Intelligent Wide Area Synchrophasor Based System for Predicting and Mitigating Transient Instabilities / F. Hashiesh, H. E. Mostafa, A.-R. Khatib // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2012.

Научный руководитель: к.т.н. А.В. Прохоров, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

## **EARLY FOREST FIRE DETECTION SYSTEM NEAR POWER TRANSMISSION LINES USING WIRELESS SENSOR NETWORK**

N.S. Ivanov

Tomsk polytechnic university

School of Energy and Power Engineering, Division for Power and Electrical Engineering, group 5AM21

Forest fire activity has been only increasing over the past decade, on the territory of Russia in particular. The scale of wildfires in Siberia in 2021 turned out to be larger than all other fires in the world combined. Although the Ministry of Natural Resources' data indicates that more than 77 thousand km<sup>2</sup> of forest burned in 2021, according to Greenpeace data, the damage done is twice as much as to data stated by Ministry of Natural Resources, that assessed only damage to forests near nature reserves and settlements.