

УДК 621.31

<https://doi.org/10.36906/ТЕК-2021/14>

*Гладких Т.Д., ORCID: 0000-0003-0568-4109, канд. техн. наук  
филиал Тюменского индустриального университета  
г. Нижневартовск, Россия*

## ПОДХОД К ЗАЩИТЕ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОТ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ

**Аннотация.** Повышение надежности электроснабжения потребителей является основной целью внедрения smart-grids. С этой целью мы предлагаем использовать интеллектуальную систему, которая определяет возможные последствия у потребителя при провалах напряжения в электрических сетях. Интеллектуальная система анализирует параметры режима в точке сети и принимает решение о необходимости подключения нефтепромысловых потребителей к автономному источнику питания.

**Ключевые слова:** мониторинг; smart-сети; провалы напряжения.

Перспективным направлением развития электрических сетей является разработка умных сетей (smart-grids). Создание таких сетей невозможно без внедрения информационных систем (ИС) для ликвидации технических проблем электроснабжения потребителей [1].

В настоящее время информационные системы в основном представлены в электрических сетях как системы учета потребления электроэнергии и автоматического отключения неплательщиков. Такие ИС затрагивают экономический сектор электроснабжения, который направлен на учет электроэнергии и информационное обслуживание потребителей.

Перспективным направлением развития ИС является их использование для контроля, анализа и управления техническими параметрами системы электроснабжения.

Развитие ИС для электрических сетей объясняется текущими потребностями по следующим ключевым позициям: прогнозирование вероятного спроса на электроэнергию, эксплуатация электросетей, интеграция возобновляемых источников энергии, обеспечение конфиденциальности и безопасности, а также диагностика оборудования электрических сетей.

S. F. Bush, S.Goel, G. Simard выделили пять категорий назначения информационных систем в электроснабжении: 1) реагирование на спрос (включая локальное хранение и распределенную интеграцию энергоресурсов) и прогнозирование спроса, 2) эксплуатация и диагностика сетей, 3) интеграция возобновляемых источников энергии (крупная генерация) и микросетей, 4) домашняя связь и 5) безопасность и конфиденциальность [2].

Внедрение ИС в процесс управления системой электроснабжения является актуальной научно-технической задачей. В данной работе предлагается внедрение интеллектуальной ИС управления, направленной на повышение надежности электроснабжения объектов нефтедобычи следующим способом:

- контролем показателя качества электрической энергии (выявление провала напряжения);
- принятием технических мер по минимизации ущерба у потребителей в результате провалов напряжения.

Провалом напряжения считается значение ниже 90% опорного напряжения с длительностью более 10 мс до 1 мин. Ввиду увеличения чувствительности потребителей электрической энергии, проблема провалов напряжения становится одной из важных среди проблем с качеством напряжения [3, 4].

Прерывания и провалы напряжения не являются отказами электроснабжения с точки зрения нормативных источников. Но в некоторых случаях их следует относить к отказам

электроснабжения, так как они могут провоцировать останов технологических процессов, а, следовательно, характеризуются экономическим ущербом.

Провалы напряжения в электрических сетях вызывают останов технологического оборудования с электроприводами ввиду снижения крутящих моментов электрических двигателей, отпадения контактов контакторов в цепях управления приводами и др. Но стоит отметить, что для некоторых силовых приводов, имеющих значительные моменты инерции, провалы напряжения могут не вызвать останов при определенных условиях.

Прерывания и провалы напряжения возникают в электрических сетях нефтепромысловых потребителей как правило из-за аварий в сетях напряжением 110 кВ. На величину и динамику провала напряжения влияет удаленность точки короткого замыкания электрической сети, загруженность сети, качество напряжения, реактивная мощность, и др. [5, 6]

Стандартно приводы должны выдерживать снижение напряжения 0.9 от номинального. Провал напряжения величиной меньше 0.9 от номинального может вызвать или не вызвать останов привода конкретного потребителя в зависимости от многих факторов (состояние технологического и электротехнического оборудования, загруженность сети и др.). Статистика показывает корреляционную зависимость интенсивности отказов электрооборудования нефтепромыслов при провалах напряжения от загрузки сети. Коэффициент корреляции интенсивности отказа от нагрузки сети составляет 0,824. Коэффициент детерминации 0,68. Уровень значимости  $p < 0,05$ . То есть можем утверждать, что интенсивность отказов электрооборудования потребителей при провалах напряжения имеет высокую степень корреляции с нагрузкой электрических сетей.

Таким образом, *первая задача* информационной системы — определение провала напряжения и его последствие (факт нарушения технологического процесса у потребителей).

*Вторая задача* информационной системы — это ликвидация последствий от прерываний и провалов напряжения.

В работах [7] и [8] для смягчения провалов напряжения предлагается использовать реконфигурацию сети. Но изменение конфигурации электрических сетей нефтепромыслов является невозможным, ввиду большой протяженности сетей и расположении на обширной территории. Кроме того, при авариях в сети 110 кВ провал напряжения охватывает всю распределительную сеть, и фактически, независимого источника питания нет. То есть изменение топологии сети не позволит решить проблему.

Во многих работах предлагаются технические устройства, уменьшающие влияние провалов напряжения на потребителя (реакторы, компенсаторы и т.п.).

Мы предлагаем при возникновении провала напряжения любой длительности осуществлять подключение особо важных нефтепромысловых потребителей к автономному источнику питания (АИП) с использованием генераторных установок на попутном нефтяном газе. Особенности использования попутного газа для генерации напряжения рассмотрено в [9]. Использование автономных генераторных установок, использующих попутный нефтяной газ является одним из видов распределенной генерации (distributed generation).

Для своевременного подключения к АИП необходима разработка интеллектуальной информационной системы, которая выполняет следующие функции:

- идентифицирует провал напряжения и распознает провал напряжения, вызывающий останов оборудования объектов добычи нефти;
- формирует базу знаний об уровнях провалов напряжений, вызывающих останов технологических объектов при различных условиях;
- принимает решение о подключении потребителя к АИП.

Для внедрения такой ИС управления в электрические сети необходимо синхронизировать работу системы электроснабжения и потребителя. Как отмечено в [10] надежность электроснабжения можно повысить, если активно привлекать потребителя электрической энергии к управлению режимом. То есть ИС должна собирать данные о потребителе и режиме работы сети и принимать решение для всего электротехнического

комплекса (электрическая сеть + электрооборудование объектов добычи нефти и попутного нефтяного газа). Безусловно, для повышения надежности электроснабжения информационная система должна отслеживать многие технические параметры: нагрузку, реактивную мощность, показатели качества электроэнергии и др. Мы рассматриваем лишь один параметр – провал напряжения, а величина нагрузки является независимым параметром.

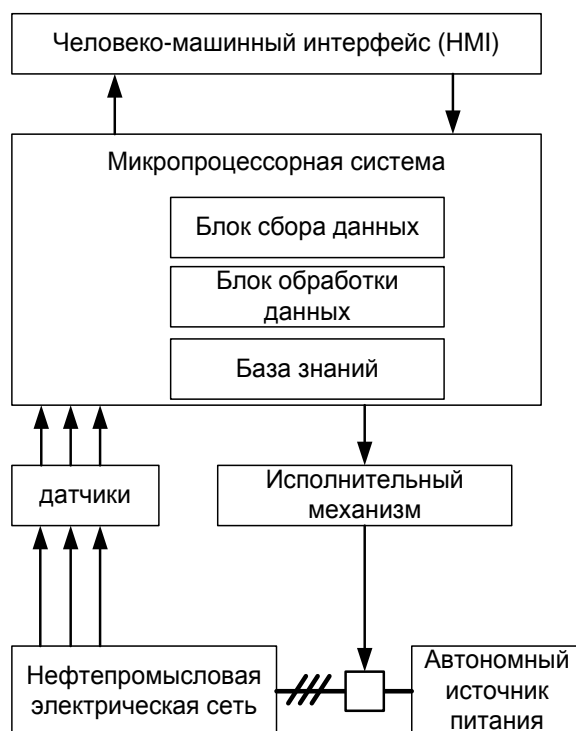


Рис. 1. Структурная схема информационной системы

Предложенная ИС управления с распознаванием режима работы сети является шагом к созданию smart-сети и при своем развитии позволит сделать электроснабжение потребителей безотказным. Однако применение предложенной информационной системы ограничено быстродействием автоматических устройств переключения потребителя на автономный источник питания.

Развитие информационных систем в электрических сетях является необходимым условием повышения надежности электроснабжения. Для этого информационные системы в электроснабжении должны иметь данные о топологии сетей, собирать и хранить информацию о режиме работы системы электроснабжения.

Для повышения надежности электроснабжения информационные системы должны вырабатывать управляющие решения, основанные на накопленном опыте и с учетом индивидуальных характеристик электрической сети и потребителей электрической энергии. Модули принятия решения информационных систем должны быть обучаемы, то есть использовать накопленный опыт в принятии решений и отслеживать динамику надежности контролируемого объекта.

## Литература

1. Dragojlovic S. M., Milenkovic O. T., Vujicic M. The information system for power distribution system as answer on new demands in power distribution system // 2005 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific. IEEE, 2005. P. 1-4. <https://doi.org/10.1109/TDC.2005.1546844>
2. Bush S. F., Goel S., Simard G. IEEE vision for smart grid communications: 2030 and beyond roadmap. IEEE, 2013. P. 1-19. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2013.6690098>

3. Ma L., Zhou Q. Voltage Dip evaluation index based on voltage dip matrix // 2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE). IEEE, 2017. P. 1327-1330. <https://doi.org/10.1109/ICISCE.2017.276>
4. Bayindir R., Yesilbudak M., Ermis S. Standards-based investigation of voltage dips and voltage imbalances in an organized industrial zone // 2016 IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC). IEEE, 2016. P. 476-481. <https://doi.org/10.1109/EPEPEMC.2016.7752043>
5. Kaczmarek M., Brodecki D., Nowicz R. Analysis of operation of voltage transformers during interruptions and dips of primary voltage // 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation (Lodz, 15-17 Sept. 2009). <https://doi.org/10.1109/EPQU.2009.5318848>
6. Chang Y. P., Chan Y. H. The minimization of voltage sag effect for specially connected transformers with a sensitive load and distributed generation systems // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2015. Vol. 73. P. 882-890. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.06.006>
7. Khelef N., Mohamed A., Shareef H. Practical Mitigation of Voltage Sag in Distribution Networks by Combining Network Reconfiguration and DSTATCOM // 2010 IEEE International Conference on Power and Energy (Kuala Lumpur, 29 Nov.-1 Dec. 2010). P. 264-269. <https://doi.org/10.1109/PECON.2010.5697588>
8. Bahadoorsingh S., Milanovic J.V., Zhang Y., Gupta C.P., Dragovic J. Minimization of Voltage Sag Costs by Optimal Reconfiguration of Distribution Network Using Genetic Algorithms // IEEE Transactions on Power Delivery. 2007. Vol. 22, Is. 4. P. 2271-2278. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2007.899524>
9. Angays P., Guilhem J. C., Arjona J. Monetization of associated gases from offshore oil fields by electrical power generation // PCIC Europe 2013. P. 1-9.
10. Jain S., Kumar N. V., Paventhan A., Chinnaiyan V. K., Arnachalam V., Pradish M. Survey on smart grid technologies - smart metering, IoT and EMS // 2014 IEEE Students' Conference on Electrical Electronics and Computer Science (Bhopal, 1-2 March 2014). <https://doi.org/10.1109/SCEECS.2014.6804465>

© Гладких Т.Д., 2021