



РПО – реле положения отключено, РПВ – реле положения включено, ОГК – отсечной газовый клапан.

Из рис. 1 отчетливо видно, что подача энергоносителя или метка времени Р2 произошла раньше, чем отключились нагрузки (метки времени Р3 и Р4). Что подтверждает вышеуказанную неэффективность, которая может привести к рискам потери добычи углеводородов, и как следствие к снижению экономической составляющей компании, а также к отсутствию электроснабжения циклов жизнеобеспечения автономного месторождения. Последнее, в условиях Крайнего Севера, грозит к серьезным последствиям на всех уровнях.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Чтобы избежать рисков потери добычи углеводородов и серьезных экономических затрат, вызванных полным остановом генерации автономного месторождения, предлагается внедрить систему разгрузки.

Данный проект имеет цель: исключить полные остановки автономных электростанций, обеспечить бесперебойное электроснабжение нефтегазового комплекса за счет сокращения времени реагирования на отключение генерирующих мощностей.

Задачи проекта:

- Применить систему разгрузки не имеющей ожидания реакции электрической сети на возникшие возмущения;

- Предусмотреть быстроедействие системы за счет применения современных способов передачи и обработки данных;
- Внедрить в алгоритм системы “режимную карту” обеспечивающую избирательность и эффективность системы;
- Обеспечить дозированную разгрузку агрегатов

### А. Предложение алгоритма

Предлагаемая система состоит из трех блоков (рис. 2): измерительный, логический и исполнительный. В измерительном блоке заключены терминалы защит со своими исполнительными органами, действующими на отключение генератора от сети. Система автоматического управления со своими сигналами, блокировками, действующими на останов агрегата. И режимная карта. Логический блок подразумевает под собой программируемые логические контроллеры, которые с помощью некоторого алгоритма решает ряд задач и активирует выходные цепи. Выходные цепи, в свою очередь, подключены к исполнительному блоку. К которому может быть подключено неограниченное количество подстанций, любых модификаций и классов напряжения. Важно, чтобы на каждой из ПС был установлен шкаф, имеющий связь с центральным шкафом с помощью волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) – для обеспечения быстрогодействия.

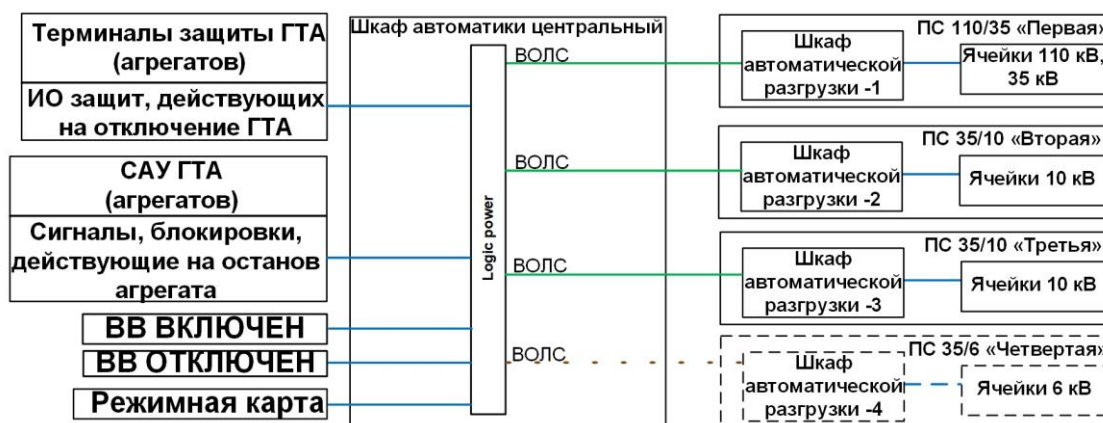


Рис. 2. Состав системы

Алгоритм системы (рис. 3) начинается со сравнения активной потребляемой мощности с суммарной генерируемой мощностью с помощью преобразователей и программируемых логических контроллеров (ПЛК). Также происходит регистрация другого входного параметра системы, а именно температуры окружающего воздуха.

Следующий шаг алгоритма – проверка работы электростанции в соответствии с заданными пределами мощности для данного количества газотурбинных агрегатов (ГТА) при определенной температуре окружающего воздуха в соответствии с температурным графиком ГТА (так называемая режимная карта). В алгоритме предусмотрена опция для оперативного персонала – подсказки при выполнении корректирующих действий.

После анализа работы защит, блокировок, сигналов, действующих на аварийный останов ГТА и отключение ГТА от сети, инициализации количества отключенных ГТА, производится оценка возможного дефицита мощности. Этап оценки заключается в идентификации возможного дефицита, при отключении генерируемой мощности, за счет сравнения максимальных показателей активной мощности для одного ГТА (при данной температуре окружающего воздуха) с активной мощностью потребления. Произведя количественную оценку дефицита мощности, система определяет состав отключаемых потребителей.

Отключаемые потребители выбираются так, чтобы суммарная нагрузка потребителей была на 2–3 % больше, чем существующий дефицит, а также в зависимости от категории по надежности электроснабжения.

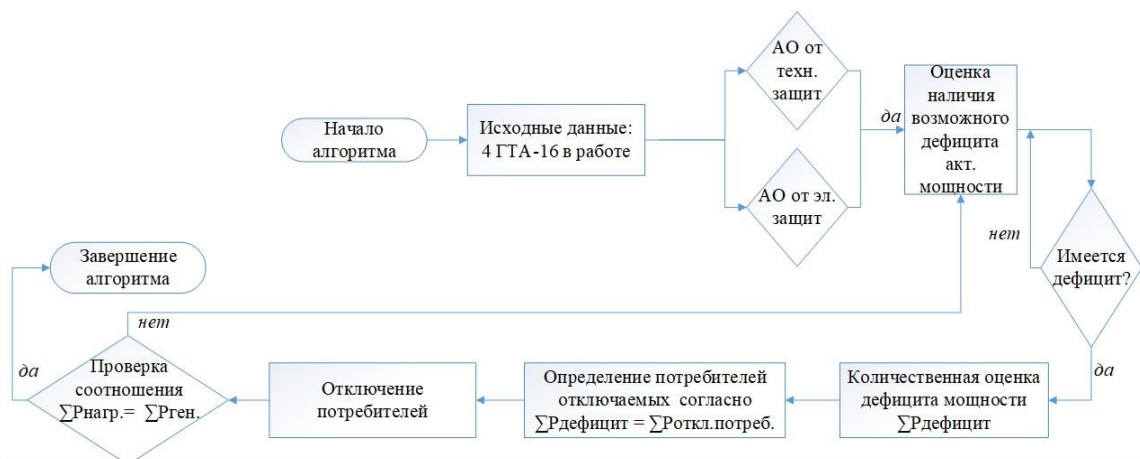


Рис. 3. Алгоритм работы

Заключительным этапом алгоритма является исполнительный этап, действие которого направлено на воздействие на выключатели ячеек распределительных устройств. Программируемый логический контроллер (ПЛК) через выходные контакты передает сигнал по волоконно-оптической линии связи на шкаф автоматики, установленный на каждой подстанции. Сигнал конвертируется и поступает на исполнительные органы ячеек, определенных на предыдущем этапе. Алгоритм считается завершенным при условии равенства генерируемой и потребляемой мощностей.

### В. Отключение потребителей

Так как важным блоком в алгоритме является «Отключение потребителей» ниже приведена структура данного блока.

Предлагается разработать список приоритетов по отключению, аналогичный перечню отключаемых потребителей по АЧР. Где первыми в очереди на отключение действием системы будут являться потребители, отключение которых не повлечет значительных экономических затрат, а также не повлияет на работоспособность циклов жизнеобеспечения автономных месторождений.

Таким образом, отключив не дебетовые скважины и потребителей отключение которых не повлияет на технологию, сохраним электроснабжение остального фонда, не допустив полного останова генерирующего оборудования. Не отключаемыми в этом списке потребители собственных нужд газотурбинной электростанции, установка компримирования природного газа, которая «подготавливает» газ для работы в агрегатах, а также некоторые технологические объекты не имеющие возможности мгновенного отключения от электропитания.

Пример: если суммарная нагрузка 48 МВт, то в работе 4 ГТА-16 по 12 МВт на каждую, при условии останова одной ГТА, наброс на остальные по 4 МВт, и ГТА начнет работать в номинальном режиме, что допустимо. Но если отключится сразу 2 ГТА тогда наброс будет 8 МВт на каждую ГТА сверх номинала, что является недопустимым и произойдет полный развал всей системы электроснабжения промысла. Применяя систему разгрузки, и отключив 16 МВт нагрузки данной аварии возможно избежать.

Тем самым, отключив потребителей, которых можно будет ввести в работу после запуска ГТА, возможно

избежать серьезных экономических потерь. Также отмечу, что каждый из потребителей, если он не является технологическим объектом (например, жилые здания и сооружения, столовые, блок-боксы ремонта транспорта и мастерские) должен быть обеспечен аварийным источником электрической энергии – аварийными дизельными электростанциями.

### С. Экономическое обоснование

Стоит отметить, что данный расчет применим для любой автономной станции и трех подстанций любой модификации, любого класса напряжения, но при существующей развитой системе передачи данных, другими словами, при существовании между объектами волоконно-оптических линий связи.

Согласно расчетам, для определённого месторождения, срок окупаемости менее 3 лет при капитальных вложениях 33, 4 млн рублей. В итоговую сумму инвестиций для реализации системы в составе одной станции и трех подстанций включены:

- Проектно-изыскательные работы.
- Стоимость основного и вспомогательного оборудования.
- Монтажная и пусконаладочная часть.
- Программирование и компиляция алгоритма.

ТАБЛИЦА I ПАРАМЕТРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

Длительность проекта (лет)	10,0
Годовая ставка дисконта, %	14,0%
Чистая дисконтированная стоимость, Net Present Value (NPV)	42 412
Внутренняя норма рентабельности, % Internal Rate of Return (IRR), %	63,1%
Дисконтир. индекс доходности капиталовлож. Discounted Investment Profitability Index (PI)	2,33
Дисконтированные инвестиции Present Value of Investment (PVI)	31 799
СРОК ОКУПАЕМОСТИ (лет) Discounted Payback Period (DPP)	2,8
СРОК ОКУПАЕМОСТИ (мес.) Discounted Payback Period (DPP)	34

Самым важным показателем, по мнению автора, является показатель срока окупаемости, так как данный показатель отражает период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции [3]. И в данном расчете он составляет 2,8 года или 34 месяца.

Соизмерив показатели доходности производства по отношению к общим затратам и использованным

ресурсам [3] получена экономическая эффективность, указанная на рис. 4, 5.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Дисконтированные инвестиции	-33 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Амортизация приобретенных ОФ	3 340	3 340	3 340	3 340	3 340	3 340	3 340	3 340	3 340	3 340
Чистая прибыль Net Profit	10 806	10 806	10 806	10 806	10 806	10 806	10 806	10 806	10 806	10 806
Денежный поток	-19 254	14 146	14 146	14 146	14 146	14 146	14 146	14 146	14 146	14 146
Дисконтированный денежный поток Discounted Net Cash Flow	-18 967	10 885	9 548	8 376	7 347	6 445	5 653	4 959	4 350	3 816
Накопленный дисконтированный денежный поток Cumulative Discounted Net Cash Flow	-18 967	-8 082	1 466	9 842	17 189	23 634	29 287	34 246	38 596	42 412

Рис. 4. Диаграмма окупаемости

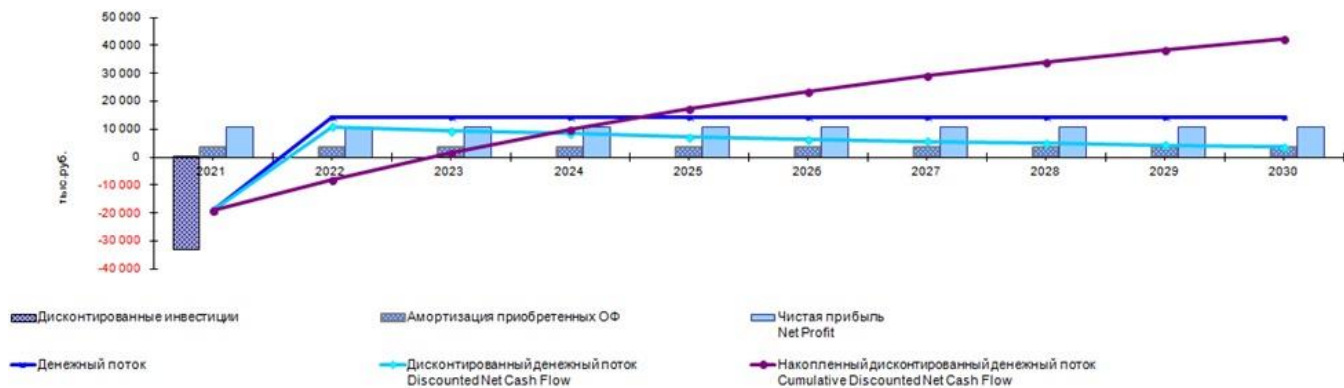


Рис. 5. Диаграмма окупаемости

Данная система будет реализовываться на программируемых логических контроллерах (ПЛК), представляющих собой упрощенную модель компьютера в которой программным путем реализуется цифровой управляющий автомат [2].

ПЛК, как правило, имеет блочно-модульную конструкцию, что позволяет пользователю компоновать требуемую объектно-ориентированную конфигурацию контроллера путём доукомплектования некоторого базового (управляющего) модуля необходимым набором модулей (ввода-вывода из номенклатуры, предлагаемой изготовителем ПЛК [2].

К числу основных характеристик (параметров), по которым пользователь осуществляет выбор ПЛК для конкретного применения, относятся:

- Количество входов-выходов, определено проектом – более 1200.
- Емкость памяти для хранения программ пользователя.
- Быстродействие – измеряется приведенным к 1К памяти и характеризует длительность цикла однократного обслуживания всех входов-выходов.
- Цена.

Итог аналитики, табл. 2 – контроллер Siemens S7-400 выбран как основной аппарат в данной системе.

ТАБЛИЦА II АНАЛИТИКА ДЛЯ ВЫБОРА ПЛК

Параметры	Центральные процессоры		
	Siemens – S7-400	Schneider Electric – Modicon Quantum	GE Fanuc – RX7i
Цена, т.р.	831	779	856
Быстродействие, мс/К	0,18	н/д	0,22
Емкость памяти, Мб	30	10	10

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предотвращение полных остановов возможна при использовании алгоритма системы разгрузки без выдержек времени и уставок по частоте, а также с применением передовых и современных средств передачи и обработки данных. Использование режимной карты позволит более гибко реагировать на дефицит мощности, тем самым минимизировать ущерб.

Внедрение данной системы позволит сократить время на принятие оперативных решений по определению потребителей, подлежащих отключению с целью снижения нагрузки на генерирующем оборудовании для поддержания его работы в системе. А также сократит время на непосредственное проведение оперативных переключений на объектах.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает благодарность:

Начальнику производства электрообеспечения «Ямал» ООО «Ноябрьскэнергонефть» – Березному Максиму Павловичу – за определение вектора в данной работе, наставничество и помощь в реализации.

Руководителю направления энергетики Департамента энергетики Блока Разведки и Добычи ООО «Газпромнефть-Нефтесервис» – Топильскому Денису Валериевичу – за экспертную оценку и неоценимый вклад в проект.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Павлов Г.М. Аварийная частотная разгрузка энергосистем. Второе издание. Санкт-Петербург: РАО «ЕЭС России» Центр подготовки кадров энергетики СЗФ АО «ГВЦ Энергетики», 2002. 87 с.
- [2] Тройников В.С. Программируемые логические контроллеры. Киев: Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2010. 32 с.
- [3] Черняк В.З., Эриашвили Н.Д., Барикаев Е.Н., Ахвледиани Ю.Т., Артемьев Н.В. Бизнес-планирование: учебное пособие. М.: Юнити-Дана, 2015. 591 с.