УДК 621.316.13

А.В.БЕЛЕНКО
Аспирант кафедры электротехники и электромеханики

С.П.ПЕТРОВ
ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАНЦИЙ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ГАЗА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ КАТЕГОРИИ НАДЕЖНОСТИ

Необходимость дальнейшего повышения надежности электроснабжения потребителей электроэнергии в газовой промышленности при уменьшении роста затрат на централизованное электроснабжение обуславливает использование электростанций собственных нужд небольшой мощности для удовлетворения потребностей предприятий в электроэнергии. Данным электростанциям присущ ряд особенностей, которые надлежит тщательно исследовать, чтобы обеспечить высокую степень надежности выработки и распределения электрической энергии.

Necessity of the further reliability augmentation of an electric-power supply of users of the electric power for the gas industry at reduction of growth of expenditures by decentralized power supply stipulates use of power stations of own needs of small capacity for sufficing necessities of the factories in the electric power. To these power stations the series of habits is inherent, which should be examined carefully to provide high-scale of reliability of development and a distribution of electricity.

Для обеспечения требуемой категории надежности электроприемники станций подземного хранения газа (СПХГ) объединяются в отдельные группы, назначение, категория надежности, расположение и мощность которых определяются основным технологическим циклом станций. Учитывая важность объекта для народного хозяйства страны и особенности технологического процесса транспортировки и хранения газа, приемники электрической энергии СПХГ относятся по категории надежности согласно Правила устройства электроустановок (ПУЭ) к первой группе. Технологические объекты, комплексы электроприемников и электроприемники первой категории в нормальных режимах снабжаются электроэнергией от двух взаимно резервирующих независимых источников питания (основной и резервный источники).

Из состава электроприемников (или комплекса электроприемников) первой категории выделяются электроприемники (комплексы электроприемников) особой группы, бесперебойная работа которых необходима для обеспечения безаварийного останова производства и промышленной безопасности. Указанные электроприемники получают питание от трех источников питания (основного, резервного, аварийного) [5].

К потребителям особой группы первой категории надежности электроснабжения относятся автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), аварийное освещение цеха, оборудование КИП и А, аварийные насосы смазки газоперекачивающих агрегатов (ГПА), уплотнительные масляные насосы, циркуляционные насосы аппарата воздуш-

ного охлаждения (АВО) масла и др. Это в значительной степени определяет требования к первичной схеме соединений системы электроснабжения и, в первую очередь, к количеству используемых независимых источников электроэнергии.

Электроснабжение станций подземного хранения газа осуществляется как от центральной энергосистемы, так и от автономных источников питания.

На электростанциях собственных нужд (ЭСН) станций подземного хранения газа ОАО «Газпром» широко применяются газотурбинные и поршневые электроагрегаты, которые используются в качестве основных (базовых), резервных и аварийных источников электроснабжения.

При выборе схемы электроснабжения СПХГ намечаются несколько вариантов. Все эти варианты должны удовлетворять требованиям ПУЭ, предъявляемым к электроснабжению потребителей соответствующей категории. Выполним сравнительную оценку существующего и возможных рациональных вариантов электроснабжения СПХГ (рис.1).

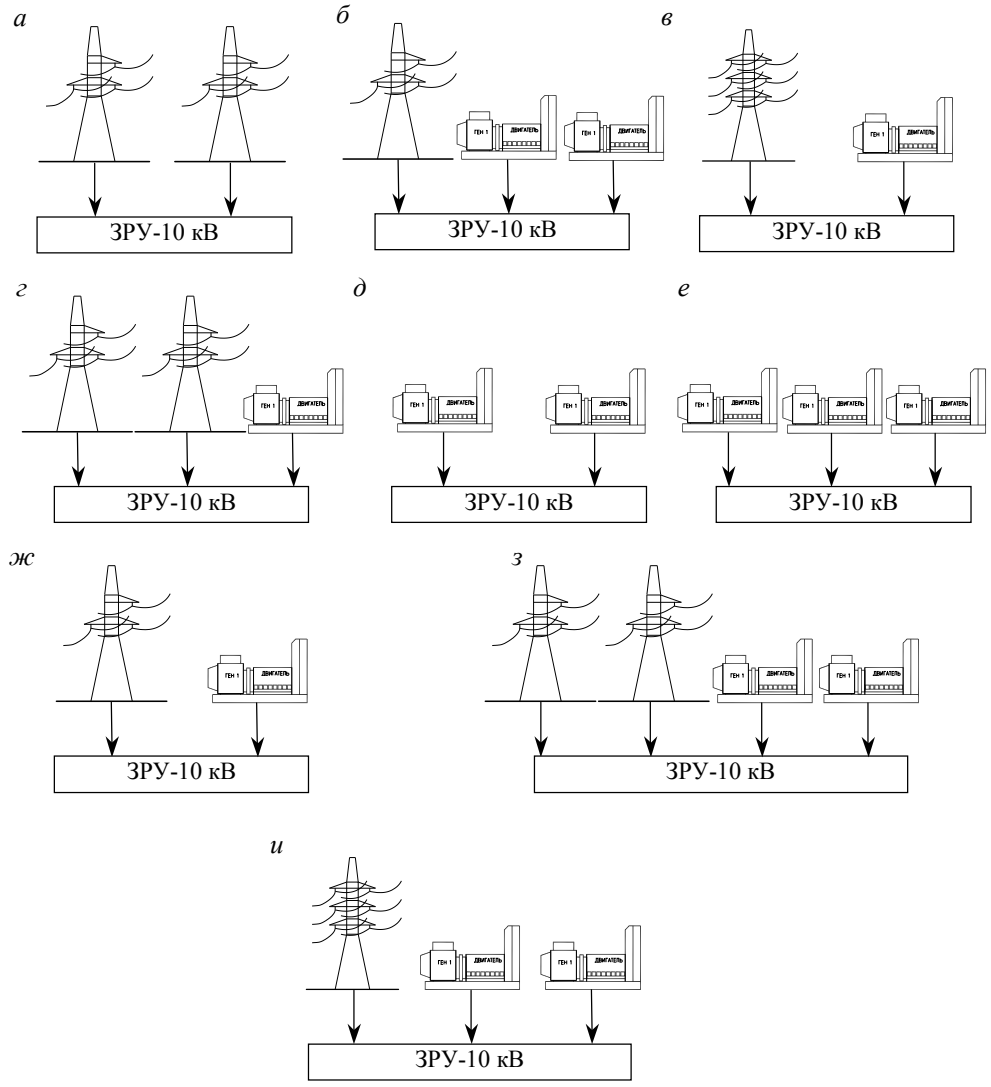


Рис.1. Варианты схем электроснабжения СПХГ: *а* – по двум одноцепным ЛЭП; *б* – по одноцепной ЛЭП и двум электростанциям собственных нужд; *в* – по двуцепной ЛЭП и одной электростанции собственных нужд; *г* – по двум одноцепным ЛЭП и одной электростанции собственных нужд; *д* – от двух электростанций собственных нужд; *е* – от трех электростанций собственных нужд; *ж* – по одноцепной ЛЭП и одной электростанции собственных нужд; *з* – по двум одноцепным ЛЭП и двум электростанциям собственных нужд; *и* – по двуцепной ЛЭП и двум электростанциям собственных нужд

Для обеспечения надежного электроснабжения электроприемников особой группы предусмотрена аварийная дизельная электростанция и система постоянного тока, состоящая из аккумуляторных батарей необходимой емкости.

При оценке надежности приведенных выше вариантов электроснабжения СПХГ используются понятия безотказности и ремонтопригодности. Безотказность характеризуют наработка на отказ T, частота отказов $\omega(t) = 1/T$, вероятность безотказной работы $P(t)$. Ремонтопригодность характеризуется средним временем восстановления τ [1, 3].

Одним из основных понятий теории надежности является отказ, т.е. нарушение работоспособности объекта или входящих в его состав элементов.

На рис.2 представлена схема электроснабжения станции подземного хранения газа.

Структурная схема системы электроснабжения (СЭС) СПХГ, приемлемая для сравнительной оценки показателей надежности возможных вариантов, приведена на рис.3.

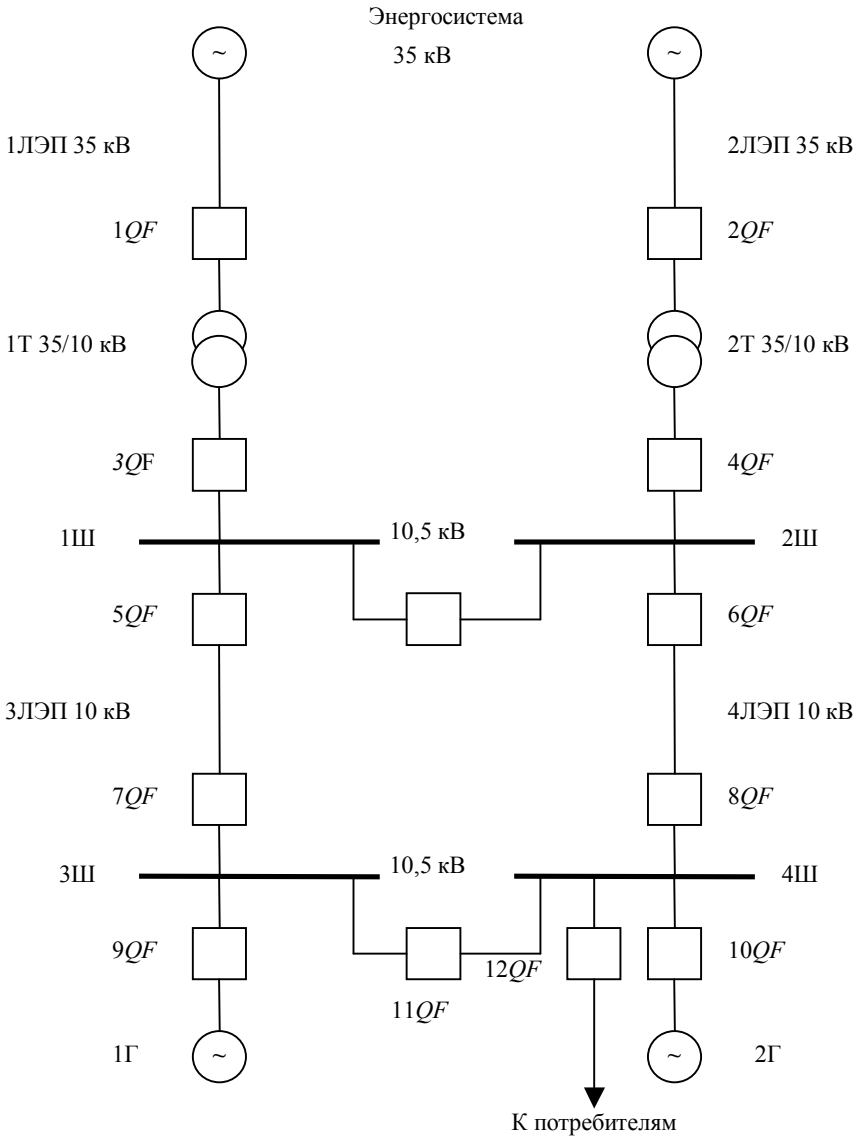


Рис.2. Схема электроснабжения СПХГ

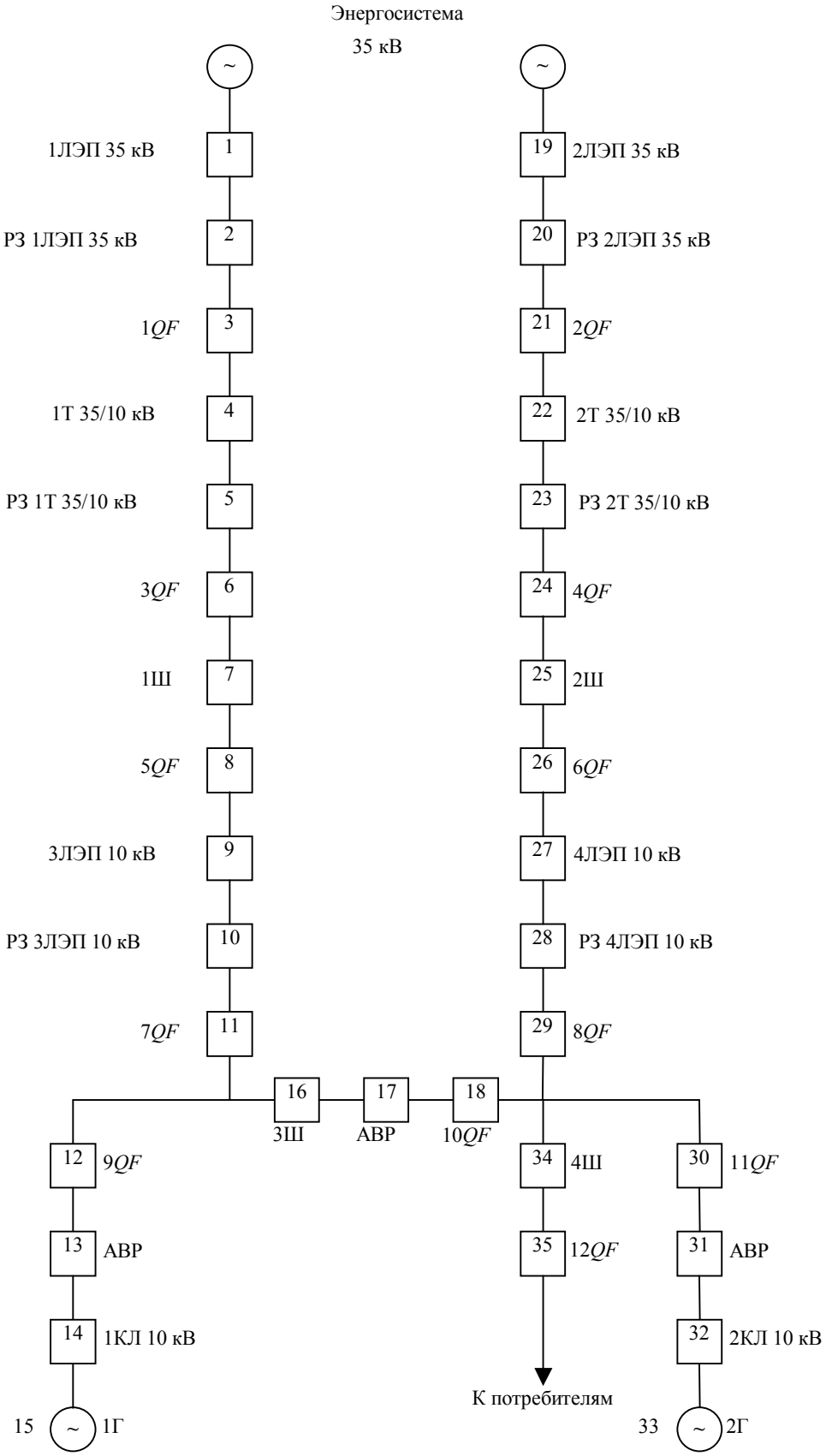


Рис.3. Структурная схема СЭС СПХГ

На рис.2, 3: РЗ – устройство релейной защиты; Ш – секция сборных шин; Г – электростанция собственных нужд; Т – трансформатор; АВР – устройство автоматического ввода резерва; *QF* – выключатель; ЛЭП – линия электропередачи; КЛ – кабельная линия.

Для расчета показателей надежности использовались данные, приведенные в табл.1. Показатели надежности для электростанции собственных нужд рассчитаны, исходя из значений, рекомендуемых ГОСТом [4] и данными ОАО «Звезда – Энергетика».

Таблица 1

Показатели надежности элементов СЭС

Элемент	Частота отказов ω, год$^{-1}$	Среднее время восстановления τ, ч	Частота преднамеренных отключений ν, год$^{-1}$	Среднее время технического обслуживания η, ч
Одноцепная воздушная ЛЭП 35; 110 кВ на 1 км	0,080	6,0	0,10	6,5
Обе цепи воздушной ЛЭП 35;110 кВ на 1 км	0,008	10,0	0,01	8,0
Одноцепная воздушная ЛЭП 6; 10 кВ на 1 км	0,250	5,0	0,20	5,0
Кабельная ЛЭП 6; 10 кВ на 1 км	0,100	15,0	0,30	3,0
Трансформатор 35;110 кВ	0,030	25,0	0,30	10,0
Выключатель 35; 110 кВ	0,020	5,5	0,20	5,0
Ячейка выключателя 6; 10 кВ внутренней установки	0,015	5,0	0,15	4,0
Шины 35; 110 кВ на одно присоединение	0,001	4,0	0,10	5,0
Шины 6; 10 кВ на одно присоединение	0,010	3,5	0,12	4,0
Электростанция собственных нужд 10 кВ; 1360 кВт	3,583	4,0	0,30	5,0

Система электроснабжения станции состоит из последовательно и параллельно соединенных элементов.

При расчете надежности элементы, представляющие релейную защиту и сетевую автоматику, считались соединенными последовательно с тем коммутационным аппаратом, на который они воздействуют. Вероятности несрабатывания устройств РЗ и сетевой автоматики приведены в табл.2 [1, 3].

Таблица 2

Показатели надежности устройств защиты и АВР

Наименование устройств	Вероятность несрабатывания q_a при напряжении	
	6, 10 кВ	35, 110 кВ
Защита линий	0,02	0,015
Защита трансформатора	–	0,010
Автоматический ввод резерва	0,022	0,020

В результате эквивалентных преобразований обобщенной структурной схемы СЭС СПХГ с учетом экспоненциального закона распределения наработок до отказов электрооборудования СЭС [2] выявлены зависимости частоты отказов ω, среднего времени восстановления τ, наработок на отказ T и вероятностей безотказной работы $P(t)$ 9 вариантов схем электроснабжения СПХГ (табл.3)

Таблица 3

Показатели надежности для различных схем электроснабжения СПХГ

Схема электроснабжения	Частота отказов ω, год$^{-1}$	Среднее время восстановления τ, ч	Наработка на отказ T, годы	Вероятность безотказной работы $P(t)$ в год
Две одноцепные ЛЭП 35 кВ и две газопоршневые электростанции 10 кВ	0,0265	4,3230	37,81	0,9753
Две одноцепные ЛЭП 35 кВ	0,0335	4,5522	29,85	0,9671
Одна одноцепная ЛЭП 35 кВ и две газопоршневые электростанции 10 кВ	0,0887	4,1071	11,27	0,9151
Две одноцепные ЛЭП 35 кВ и одна газопоршневая электростанция 10 кВ	0,0340	4,5857	29,41	0,9666
Одна одноцепная ЛЭП 35 кВ и одна газопоршневая электростанция 10 кВ	0,0993	3,2551	10,07	0,9055
Одна двухцепная ЛЭП 35 кВ и одна газопоршневая электростанция 10 кВ	0,0398	5,4009	25,11	0,9610
Одна двухцепная ЛЭП 35 кВ и две газопоршневые электростанции 10 кВ	0,0355	5,3670	28,14	0,9651
Две газопоршневые электростанции 10 кВ	0,0425	2,5876	23,52	0,9584
Три газопоршневые электростанции 10 кВ	0,0493	2,2306	20,28	0,9519

Из табл.3 видно, что лучшие показатели надежности относятся к вариантам схем с двумя одноцепными ЛЭП и двумя автономными электростанциями, с двумя одноцепными ЛЭП и двумя одноцепными ЛЭП и автономной электростанцией. Для трех вариантов наработка на отказ превышает срок службы электрооборудования, что позволяет считать эти варианты СЭС достаточно надежными.

Проведем экономическую оценку: целесообразно прокладывать ЛЭП или устанавливать ЭСН? По данным компании ОАО «Звезда – энергетика» стоимость 1 кВт электрической мощности автономной электростанции составляет 30000 руб. Стоимость электростанции

$$\tilde{N}_{э} = 30000 S \cos\varphi,$$

где S – полная мощность электростанции, кВА; cosφ – коэффициент мощности.

Затраты по варианту со строительством ЛЭП

$$\tilde{N}_{ЛЭП} = \tilde{N}_{пр} l + \tilde{N}_{пс} P,$$

где l – длина ЛЭП, км; $\tilde{N}_{пр}$ – затраты на проведение 1 км, руб./км; $\tilde{N}_{пс}$ – стоимость 1 кВт присоединенной мощности, руб./кВт; P – присоединенная мощность, кВт.

Без учета топливной составляющей затрат для сравниваемых вариантов мак-

симальная длина дополнительной ЛЭП определяется из выражения

$$l = \frac{S\cos\varphi \cdot 30000 - \tilde{N}_{\text{ïðèñ}} P}{\tilde{N}_{\text{ïðîâ}}}.$$

В условиях ОАО «Ленэнерго»: $\tilde{N}_{\text{ïðîâ}}$ = = 2100000 руб./км и $\tilde{N}_{\text{ïðèñ}}$ = 25000 руб./кВт. При мощности автономной электростанции P = 1360 кВт (S = 1700 кВА, cosφ = 0,8) получим $l \approx 3{,}24$ км. Таким образом, максимальная длина ЛЭП, при которой нецелесообразна установка автономной электростанции, составляет 3,24 км.

В настоящее время по разным оценкам от 50 до 70 % территории России не охвачены централизованным электроснабжением. Поэтому зачастую на этих территориях бывает невозможно или нецелесообразно проводить ЛЭП для питания СПХГ. В этом случае предпочтение отдается установке на станциях автономной электростанции. Таким образом, можно за счет внутренних источников электроснабжения станции обеспечить питание наиболее ответственных приемников электроэнергии в соответствии с требованиями, предъявляемыми к электроснабжению потребителей первой категории, независимо от системы централизованного электроснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович Б.Н.* Надежность систем электроснабжения / Б.Н.Абрамович, В.В.Полищук; СПбГГИ (ТУ). СПб, 1997.

2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1989.

3. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М.: Издательство стандартов, 1995.

4. ГОСТ 20.439-87. Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. М.: Издательство стандартов, 1987.

5. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоиздат, 2003.

Научный руководитель д-р т. н. проф. *Б.Н.Абрамович*