

## Об аварии 18 декабря 1948 года в Московской энергосистеме

• Бондаренко А. Ф.<sup>1</sup>, ОАО “Системный оператор ЕЭС”

Описана авария, происшедшая в Московской энергосистеме в 1948 г. и приведшая к полному погашению потребителей Московского региона. Показано влияние результатов анализа аварии на совершенствование подходов к обеспечению надёжности функционирования энергосистем в нашей стране.

**Ключевые слова:** авария, энергосистема, тепловые электростанции, гидроэлектростанции, линии электропередачи, релейная защита, рабочая мощность, частота, напряжение, собственные нужды электростанций, диспетчерский и оперативный персонал, активная и реактивная мощность, частота и напряжение, руководители энергосистемы.

Об аварии, происшедшей в Мосэнерго в 1948 г., широкой общественности практически ничего неизвестно, как, впрочем, неизвестно и о большинстве аварий, происшедших в энергосистемах СССР. В общих чертах об этой аварии упоминается в книгах, издававшихся к юбилейным датам основания Мосэнерго, правда с акцентом на то, как диспетчеров отвезли в МГБ, а после снятия с них показаний развезли всех по домам, а также как Берия направил пистолет на управляющего Мосэнерго Михаила Яковлевича Уфаева, а министр электростанций Дмитрий Георгиевич Жимерин своей грудью заслонил его [1].

Немного информации (несколько неточной, чему есть объективные оправдания) об этой аварии приведено в недавно изданной книге “Аварии и вокруг них” [2] известного советского специалиста в области противоаварийного управления Бориса Израилевича Иофьева.

Однако, очевидно в силу действовавших ограничений, полноценная информация о причинах возникновения, развитии и ликвидации этой аварии до сих пор недоступна для широкого круга специалистов. А между тем, эта авария оказала значительное влияние на совершенствование основных подходов к развитию энергетических систем в нашей стране и обеспечению их надёжного функционирования.

### Состояние Московской энергосистемы на декабрь 1948 г.

Авторы сборника “120 лет Мосэнерго” [1], в общем-то справедливо, указывают на трудности,

которые испытывало Мосэнерго при преодолении последствий военного времени.

*“Послевоенные годы для Московской энергосистемы были особенно трудными... Энергетическая система Москвы, как и всей страны, восстанавливалась “стахановскими” методами... Если раньше для монтажа оборудования отводились месяцы, то теперь справлялись за несколько суток. Там, где для освоения новых мощностей требовалось несколько лет, укладывались в год... Усилиями рабочих и инженеров время ремонтного простоя сокращалось до минимума. Но такая гонка не могла не повлечь за собой множество технических проблем”.*

К концу 1948 г. установленная мощность электростанций Мосэнерго и блок-станций промышленных предприятий составляла около 1750 тыс. кВт при потреблении в часы максимума порядка 1500 тыс. кВт. Рабочая мощность электростанций энергосистемы на 9 ч 00 мин утреннего максимума 18 декабря составляла около 1660 тыс. кВт и распределялась по станциям следующим образом.

Электростанции Мосэнерго	Мощность на 9 ч 00 мин 18 декабря 1948 г., тыс. кВт
МГЭС № 1 и № 2	100
ГРЭС им. Классона № 3	40
Каширская ГРЭС № 4	180
Шатурская ГРЭС № 5	180
Сталиногорская ГРЭС № 10	400
ТЭЦ № 11	100
ТЭЦ № 6, 7, 8, 9, 12, 15	180

<sup>1</sup> Бондаренко Александр Фёдорович: baf@so-cdu.ru

Угличская ГЭС № 13	100
Рыбинская ГЭС № 14	200
ГЭС канала и ТЭЦ б/станций	180
<b>Итого</b>	<b>1660</b>

При этом надо отметить, что основное оборудование Шатурской и Каширской ГРЭС (агрегаты по 44 и 50 тыс. кВт) осенью 1941 г. было демонтировано, затем эвакуировано, а потом, к концу 1942 г., вновь восстановлено на своих прежних местах. Из четырёх, имевшихся на конец 1948 г. на Рыбинской ГЭС гидрогенераторов мощностью по 55 тыс. кВт, три гидрогенератора были введены в строй в военные годы.

Что касается самой крупной в энергосистеме Сталиногорской<sup>2</sup> (ныне Новомосковской) ГРЭС № 10, то её пришлось полностью восстанавливать, так как большая часть оборудования ГРЭС была эвакуирована, а оставшаяся разрушена перед уходом наших войск с этой территории. При восстановлении станции было использовано оборудование как довоенного этапа развития станции – четыре турбоагрегата по 50 тыс. кВт на параметры пара 33 атм и 400°C, со своей котельной, так и послевоенные разработки – первые турбоагрегаты по 100 тыс. кВт на параметры пара высокого давления (так тогда их называли) 90 атм и 400°C, также со своей котельной. Последний из турбоагрегатов 100 тыс. кВт (№ 6) был пущен 20 ноября 1948 г., буквально за месяц до аварии, и в конце декабря уже нёс полную нагрузку, что стало существенным вкладом в дефицитный баланс Мосэнерго, обеспечивая поддержание в энергосистеме резерва мощности.

Мощность этой станции составляла около 30% нагрузки энергосистемы, поэтому она внесла “решающий” вклад в развитие аварии.

Основная сеть 220 – 110 кВ Московской энергосистемы представлена на рис. 1. Из схемы видно, что формировавшаяся с 1936 г. сеть 220 кВ (показана более жирными линиями) связывала с Московским кольцом 110 кВ удалённые на 250 – 300 км Рыбинскую и Угличскую ГЭС (в правом верхнем углу схемы), Сталиногорскую ГРЭС и Алексинскую ТЭЦ (внизу схемы), составлявших более половины нагрузки энергосистемы Мосэнерго. Учитывая важность транзитов 220 кВ столичной энергосистемы, для линий 220 кВ выделялось импортное оборудование, в том числе и устройства быстродействующей направленной высокочастотной релейной защиты фирмы Вестингауз, так как аналогичные устройства отечественная промышленность выпускала в недостаточном количестве, а импортные устройства априори считались более совершенными. Надо сказать, что в те времена из-за дефицита промышленно выпускае-

мых устройств релейной защиты их производство было налажено в самих энергосистемах, но осуществлялось в полукустарных условиях и в недостаточном количестве.

Ещё одной важной деталью в описании работы Московской энергосистемы является факт работы её в составе объединения энергосистем Центра, в которое входили также Горьковская (Нижегородская), Ивановская и Ярославская энергосистемы и так называемые энергосистемы Верхней Волги. Энергообъединение энергосистем Верхней Волги было сформировано в 1941 г., а после строительства в 1945 – 1946 гг. ОРУ 110 кВ на Рыбинской ГЭС и линии 110 кВ Муром – Гусь-Хрустальный появились две транзитные линии 110 кВ, соединившие Московскую энергосистему с Ярославской и Горьковской (Нижегородской) энергосистемами.

Поскольку суммарная мощность электростанций трёх энергосистем Верхней Волги составляла только около трети мощности электростанций Московской энергосистемы, то регулирование частоты в энергообъединении Центра осуществлял диспетчер Мосэнерго, который в соответствии с действующим положением был оперативно подчинён диспетчеру ОДУ Центра.

Из-за ограниченной пропускной способности межсистемных линий 110 кВ – не более нескольких десятков тысяч киловатт, объём взаимопомощи между энергосистемами в аварийных ситуациях был ограничен.

Как же развивались события 18 декабря 1948 г., в морозный зимний день, когда температура на улицах Москвы была около –20°C, что впрочем, в те годы было нормальным явлением.

## Развитие аварии

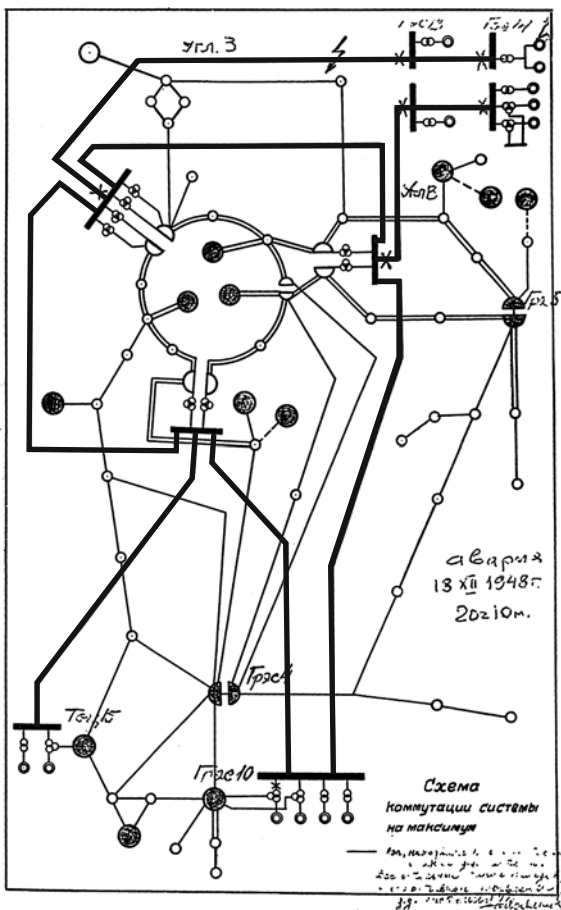
**Шатурская ГРЭС.** День начался с тяжёлой аварии с человеческими жертвами на Шатурской ГРЭС.

Вот как докладывал об этом происшествии главный инженер Мосэнерго Дмитрий Георгиевич Чижов [3] (здесь и далее сохранена орфография стенограммы заседания Коллегии Министерства электростанций 29 декабря 1948 г., на котором рассматривались результаты расследования аварии):

*“18 декабря утром на Шатурской станции Мосэнерго произошла тяжёлая авария: в 9 ч. 45 м. был сильный взрыв на бункерной галерее третьей котельной, в районе узла пересыпки новой топливоподачи. Взрыв вызвал разрушение стен и перекрытий пересыпного пункта, разделочной топлива, помещения для обогрева и разрушение проемов бункерной галереи 2-й и 3-й котельных, машинного зала и частично 1-й котельной.*

*Одновременно загорелся торф в бункерах 3 котлов 3-й котельной и деревянные части разру-*

\* Здесь и в дальнейшем будут применяться названия станций и энергосистем, принятые в то время.



**Рис. 1. Схема электрической сети 220 – 110 кВ Мосэнерго**

шенных строений: загорелась также транспортная лента в горизонтальных транспортерах. Все разгрузочные устройства станции были остановлены.

При взрыве и последующем пожаре пострадало 27 чел. рабочих – обожжены и получили ушибы и ранения, из них 2 человека были найдены на галерее убитыми, один умер в больнице спустя 2 часа после его доставки; 3 пострадавших находятся сейчас (28 декабря) в тяжелом состоянии; состояние остальных удовлетворительное.

Станция, имевшая нагрузку до аварии 140 тыс. кВт (вероятно ошибка стенограммы, далее указывается мощность 180 тыс. кВт), в связи с прекращением подачи топлива, начала ее снижать и к 14 часам снизила ее до 10 тыс. кВт.

... лишь ... к 21 часу 19-го числа станция подняла нагрузку до 100 тыс. кВт.

20 декабря, т.е. спустя двое суток после возникновения аварии, станция подняла нагрузку до 160 тыс. кВт и потом до 180 тыс. кВт.

Комиссия, расследовавшая аварию, пришла к выводу, что авария произошла в результате взрыва мелкой сухой торфяной пыли, – отсутствие вентиляции при совмещении двух топливоподач в одном помещении, измельчении сухого топлива в

результате тройной пересыпки, отсутствие пересыпных рукавов и недостаточная плотность этих рукавов в узле пересыпки – создавали исключительную запыленность всего помещения бункерной галереи.

Комиссия считает вероятным источником загорания торфяной пыли выбрасывание пламени из бункеров котлов, подачу фрезерного торфа с тлеющими очагами, курение не в специальном помещении, а большей частью у сигналов узловых станций в этом районе и, наконец, искрение электропроводки и электрического оборудования и, неисправность электрических паропроводов”.

Сразу же после этого происшествия, в соответствии с приказом № 238 министра электростанций Дмитрия Георгиевича Жимерина, на станцию выехала аварийная комиссия в составе заместителя министра Смирнова, главного инспектора министерства Амосова, управляющего Мосэнерго Михаила Яковлевича Уфаева и заместителя главного инженера Мосэнерго Островского.

Таким образом, энергосистема в одночасье лишилась 170 тыс. кВт генерирующей мощности (около 10% суммарной нагрузки), что снизило резервы энергосистемы на часы прохождения вечернего максимума до величины, близкой к нулю.

О подготовке и прохождении вечернего максимума нагрузок главный инженер Д. Г. Чижов докладывал:

“Выход одной из больших станций системы – Шатурской с мощностью 186 тыс. кВт (так в стенограмме) предопределил прохождение вечернего максимума в этот день по системе, поэтому еще днем мной лично были обзвонены все основные станции, и руководителям этих станций было предложено на протяжении всего вечернего максимума в этот день лично быть на станции, предупредить дежурный персонал об особо внимательном надзоре за оборудованием, мобилизации всех возможностей станций, но без каких либо перегрузок, если не считать перегрузки трансформаторных групп 220 кв на Восточной и Бутырской подстанциях. Подъемом нагрузки на всех станциях удалось набрать максимум, т.е. в 18 часов, нагрузку по системе 1465 тыс. кВт и пройти этот максимум без ограничений и отключений потребителей”.

Но, когда казалось, что самое трудное уже позади, и когда за счёт спада потребления удалось создать небольшой резерв мощности, оказалось, что в этот вечер Московской энергосистеме предстоят ещё более тяжкие испытания.

**Угличская ГЭС.** В 20 ч 14 мин отключаются линии 220 кВ транзита Рыбинская ГЭС – Угличская ГЭС – Москва, Угличская ГЭС – подстанция Бутырская (“Угличская Западная”) с двух сторон и Угличская ГЭС – подстанция Восточная (“Угличская Восточная”) односторонне, только на Угличской ГЭС.

Причиной отключения линии 220 кВ Угличская ГЭС – подстанция Бутырская явилось выпадение провода из натяжного зажима на опоре с коротким замыканием на землю.

Обрыв провода произошёл вследствие недостаточного контакта между алюминиевой частью провода АСУ-400 и корпусом зажима (алюминиевая часть провода была запрессована в корпусе по длине только на 17 мм вместо 120 мм); на анкерной опоре линии “Угличская Западная” вблизи Угличской ГЭС произошёл отжиг стального сердечника провода, что привело к одностороннему обрыву последнего (обрыв произошёл со стороны Бутырской подстанции). Линия монтировалась в 1942 г., и как пояснил Чижов, натяжной зажим был собран из деталей для различных проводов: “алюминиевая часть взята для АСУ-300”.

Первое свидетельство тяжёлого наследия военного времени.

Быстродействующая защита линии “Угличская Западная” при возникновении повреждения отказала, и отключение линии произошло резервной защитой от замыканий на землю с выдержкой 2,8 с на подстанции Бутырская и одновременно на Угличской ГЭС быстродействующей защитой при её разблокировании.

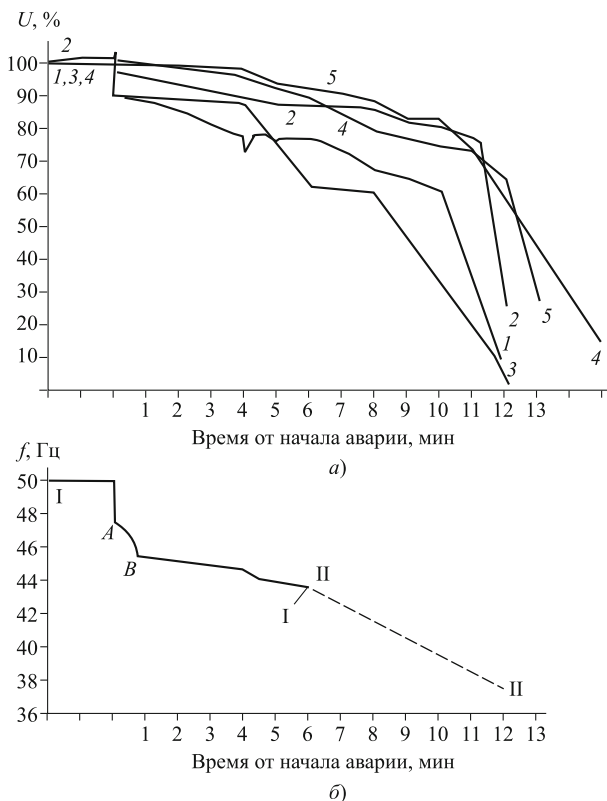
В результате отказа быстродействующих защит на линии “Угличская Западная” через 1,8 с после возникновения короткого замыкания односторонне на Угличской ГЭС отключается линия 220 кВ “Угличская Восточная”.

Предусмотренные на случай отделения Рыбинской и Угличской ГЭС от Московской энергосистемы и выделения их на энергосистемы Верхней Волги защиты (мощность двух ГЭС составляла 50% суммарной мощности энергосистем Верхней Волги) отключили два гидрогенератора Угличской ГЭС и три на Рыбинской, оставив один гидрогенератор Рыбинской ГЭС подключённым к сети Ярославской энергосистемы.

Оставшаяся единственная связь энергосистем Верхней Волги с Московской энергосистемой по линии 110 кВ Муром – Гусь-Хрустальный отключилась делительной автоматикой, и диспетчерскому персоналу Московской энергосистемы предстояло самостоятельно решить проблему ликвидации возникшей аварийной ситуации.

**Снижение частоты и напряжения.** Потеря 300 тыс. кВт мощности (более 20% суммарной нагрузки энергосистемы) привело к снижению частоты и действию регуляторов скорости на турбинах тепловых станций Мосэнерго (общее первичное регулирование – по современной терминологии) с выходом на послеаварийный уровень частоты в 47,5 Гц (рис. 2, б).

При снижении частоты произошло уменьшение генерируемой реактивной мощности вследствие понижения частоты вращения генераторов и их возбуждателей, снижение напряжения в системе



**Рис. 2. Графики изменения напряжений (а) на объектах Мосэнерго и частоты энергосистемы (б) при аварии 18 декабря 1948 г.**

1 – напряжение на шинах 6 кВ центральной подстанции; 2 – напряжение 110 кВ шин ГРЭС В; 3 – напряжение 30 кВ на узловой подстанции; 4 – напряжение 6 кВ на шинах ТЭЦ; 5 – напряжение 110 кВ ГРЭС Г; I – I – показания регистратора частотомера; II – II – построена по записям числа оборотов в оперативных журналах ряда ТЭЦ

и работа форсировки возбуждения на регуляторах напряжения.

Поэтому в первые 1 – 2 минуты напряжение в узловых точках системы было близким к нормальному. Однако генераторы системы перегрузились как по активной, так и по реактивной мощности. В этих условиях оперативный персонал станций вынужден был начать снижать возбуждение и даже отключил на ряде генераторов системы регуляторы напряжения для снятия длительной форсировки возбуждения, что привело к снижению напряжения, особенно в узловых точках системы (рис. 2, а) и, соответственно, к токовой перегрузке генераторов.

При отсутствии резервов мощности в исходном режиме и невозможности обеспечения паром номинальных параметров перегрузившиеся турбины (продолжительность эффективного действия первичного регулирования для оборудования станций того времени по оценкам специалистов ОРГРЭС [4] составляла 75 с) происходит резкое снижение мощности перегрузившихся турбин, и уже на 2-й минуте частота снижается до 45 Гц (рис. 2, б).



Диспетчерский щит Мосэнерго в 1940-е годы

В этих условиях предназначенные для предотвращения снижения частоты устройства АЧР (в терминологии тех лет – автоматы аварийной разгрузки по частоте) с уставками по частоте 47,5 – 46 Гц отключают около 100 тыс. кВт нагрузки потребителей. Это составляло порядка 7% (вместо положенных по нормативным документам тех лет 25%) нагрузки потребления энергосистемы и не смогло оказать существенного влияния на дальнейшие процессы снижения частоты.

При снижении частоты до 45 Гц часть тепловых станций с нагрузкой порядка 400 тыс. кВт выделила часть своих генераторов на питание собственных нужд и части местных потребителей (потребление местной нагрузки и собственных нужд станций составило порядка 90 тыс. кВт). Работа выделенных генераторов с нормальной частотой обеспечивала поддержание производительности механизмов собственных нужд этих станций на достаточном уровне. Однако баланс энергосистемы ещё более ухудшился, так как мощность выделенных генераторов была несколько больше местной нагрузки и нагрузки собственных нужд.

Другая часть тепловых станций мощностью около 750 тыс. кВт сохранила по разным причинам нормальную схему питания собственных нужд.

На этих электростанциях при снижении частоты и напряжения практически пропорционально

происходило уменьшение частоты вращения механизмов собственных нужд. Снижение частоты вращения механизмов собственных нужд влекло за собой снижение напора и производительности питательных, циркуляционных и конденсатных насосов, снижение производительности тягодутьевых устройств и мельничных вентиляторов, т.е. основных механизмов, влияющих на паропроизводительность котлов, нагрузку турбин и, в конечном итоге, на нагрузку станций.

Таким образом, рабочая мощность тепловых станций уменьшалась по мере снижения частоты.

Величина уменьшения рабочей мощности станций в зависимости от снижения частоты для каждой станции определялась наличием резервов по вспомогательным механизмам и тем “узким местом”, которое больше всего влияло на работу основных агрегатов.

Как показали расчёты, рабочая мощность большинства тепловых станций, у которых собственные нужды работали с частотой системы, при снижении частоты до 45 Гц должна была уменьшиться на 15 – 18%.

Однако на Сталиногорской ГРЭС, где схема не позволяла осуществить перевод части генераторов на питание собственных нужд, работа с частотой 45 Гц привела к более резкому снижению рабочей мощности (по расчётам, на 35%).

Как определили специалисты ОРГРЭС, основным фактором снижения рабочей мощности Сталиногорской ГРЭС при работе механизмов собственных нужд станции с такой частотой, явилось падение производительности питательных электронасосов. При недостаточном количестве турбонасосов на станции это привело к снижению давления пара у турбин почти вдвое, что вынудило персонал сначала заняться энергичной разгрузкой своих турбин параллельно со снижением параметров пара, а потом отключить вручную все турбогенераторы (один турбогенератор отключился защитами от перегрузки). Снижение рабочей мощности станций, вызванное снижением производительности механизмов собственных нужд, вело к дальнейшему снижению частоты и напряжения в системе.

При снижении частоты и напряжения в узловых точках системы персонал электростанций был вынужден производить разгрузку перегруженных по току генераторов не только при помощи снижения возбуждения на генераторах, но и при помощи снижения активной мощности на турбинах на всех станциях энергосистемы независимо от того, работали ли собственные нужды станции параллельно или отдельно от сети.

При снижении частоты старший диспетчер Московской энергосистемы Зеленкин сразу же отдал команды, направленные на снижение потребления. По действовавшему тогда положению на первую очередь отдавалась команда диспетчеру

Московского Энергосбыта, который обеспечивал отключение фидеров питания потребителей. Таким способом были розданы команды на отключение потребителей на величину 77 тыс. кВт. Во вторую очередь старший диспетчер Зеленкин дал команду дежурному персоналу подстанций на отключение пяти трансформаторов с нагрузкой 55 тыс. кВт.

Однако скорость снижения нагрузки тепловых электростанций явно превосходила попытки восстановления баланса путём отключения потребителей.

**Лавина частоты и напряжения, распад энергосистемы.** При дальнейшем лавинообразном снижении частоты и напряжения увеличение токовой перегрузки генераторов оперативный персонал тепловых станций мог устранить только при помощи снижения активной мощности, что приводило к дальнейшему снижению частоты и напряжения, которое уже не приостанавливалось до полного распада системы.

Где-то на восьмой минуте от начала возникновения аварии вследствие перегрузки генераторов по току началось как ручное отключение их от сети, так и автоматическое – максимальными защитами, так как к этому времени напряжение вблизи генерирующих точек системы снизилось до значения, когда вольтметровая блокировка уже не препятствовала действию максимальных защит генератора на отключение.

Оценивается, что полный распад системы наступил на 12 – 15 минутах. Была полностью погашена сеть 110 – 220 кВ. Остался запитанным только небольшой объём потребителей, оказавшихся выделенными вместе с собственными нуждами станции на изолированно работающие генераторы, что составило порядка 6% нагрузки системы, включая и нагрузку собственного расхода тех станций, которые его сохранили.

## Восстановление системы

**Угличская ГЭС.** В первый же момент возникновения аварии у диспетчера Мосэнерго исчез основной ВЧ-канал связи с дежурным инженером Угличской ГЭС, и он смог выйти на связь с ним по резервному каналу (проволочному – в терминологии тех лет) только через 4 мин. За это время персонал Угличской ГЭС, растерявшись, вдобавок к автоматически отключившимся гидрогенераторам ошибочно вручную отключил обе линии 220 кВ на Рыбинскую ГЭС и потерял собственные нужды станции.

Разворот турбин и восстановление питания ошибочно отключённых собственных нужд затянулось, и готовность подключения генераторов Угличской ГЭС к системе наступила только через

18 – 20 мин после начала аварии, т.е. когда система уже распалась.

Поскольку отключившаяся односторонне линия 220 кВ “Угличская Восточная” была исправна, то диспетчер Мосэнерго и начал процесс восстановления системы именно с этой станции. По нормативным документам тех лет, восстановление системы производилось способом “подъёма с нуля”, когда генератор станции подключается к сети и на нём идёт сначала подъём напряжения, а затем к сети последовательно подключается нагрузка потребителей и идёт соответствующий набор мощности генератора.

Однако при этой операции открытие направляющего аппарата гидротурбины было ошибочно ограничено персоналом ГЭС до величины холостого хода. Поэтому гидрогенератор не мог взять активной нагрузки, ток статора быстро увеличивался, а напряжение на генераторе не повышалось. Вследствие этого у дежурного инженера Угличской ГЭС создалось впечатление, что на линии имеется короткое замыкание, о чем было сообщено диспетчеру.

Сразу после этого диспетчерами Мосэнерго предпринимается попытка подачи напряжения от ГЭС по линии 220 кВ “Угличская Западная”. Расчёт был на возможность самоустранения короткого замыкания на линии, что возможно, например, при грозových отключениях или ветровых схлестываниях проводов, но, так как провод линии спокойно лежал на земле, то, естественно, эта попытка была unsuccessfulной.

**Каширская ГРЭС.** После unsuccessfulных попыток восстановления системы от Угличской ГЭС, на 37-й минуте от начала аварии диспетчер предложил поднимать энергосистему от Каширской ГРЭС, которой удалось сохранить собственные нужды путём выделения генератора.

Невозможно определить, кто был инициатором подъёма системы с Каширской ГРЭС. Так, Д. Г. Жимерин приписал это целиком себе, заявив, что диспетчер Мосэнерго подошёл формально к принятию решения подъёма энергосистемы с Угличской станции, так как гидростанции легче поднять, чем тепловые станции. А вот он лично как приехал на диспетчерский пункт Мосэнерго, то сразу сказал: “зачем с Углича поднимаете, нужно с Каширы”.

Главный диспетчер К. Т. Нахапетян, который был на щите уже на 2-й минуте после возникновения аварии, в свою очередь заявил, что так было задумано изначально: “Мы решили производить под’ём системы сразу с двух сторон: сначала решили поднять со стороны Угличской станции... и у нас уже была подготовлена Каширская станция: мы видим, что будем долго канителиться с Угличем, грубо синхронизировали машины и начали немедленно поднимать на Кашире”.

Очевидно лукавят оба уважаемых руководителя, так как решение поднимать энергосистему от ГЭС по линии, отключившейся односторонне и очевидно исправной, было не формальным, а единственно верным решением. Другое дело, что растерявшийся персонал Угличской ГЭС не смог реализовать задуманное.

Имеются сильные сомнения и в изначальной задумке диспетчеров Мосэнерго поднимать энергосистему с Каширской ГРЭС.

Очевидно, что решение поднимать энергосистему с Каширской ГРЭС стало вынужденным после неуспешных попыток подъёма системы с Угличской ГЭС, как раз к приезду на диспетчерский пункт Мосэнерго министра, и тут трудно однозначно определить автора идеи.

Через 45 мин после начала аварии напряжение в системе было поднято генератором мощностью 50 тыс. кВт Каширской ГРЭС, и вслед за этим через 5 мин был включён методом самосинхронизации другой генератор этой же ГРЭС.

После включения генераторов Каширской ГРЭС по команде диспетчера была включена линия 220 кВ “Угличская Восточная”, чем было подано напряжение на Угличскую ГЭС, синхронизация с которой позволила использовать для восстановления энергосистемы генераторы Угличской и Рыбинской ГЭС.

Далее в течение 4 ч, по мере синхронизации и включения генераторов других тепловых станций системы, происходило восстановление электропитания потребителей.

В 21 ч 00 мин нагрузка системы составила 200 тыс. кВт (мощность двух генераторов Каширской ГРЭС и генераторов станций, выделившихся на питание собственных нужд и местной нагрузки), в 23 ч 00 мин – 750 тыс. кВт (добавилась мощность гидрогенераторов ГЭС и около 250 тыс. кВт тепловых станций).

Станции, которые при распаде системы потеряли свои собственные нужды и вынуждены были ждать восстановления питания системы для получения напряжения на шины собственных нужд и возможности разворота станции, потребовали для своего разворота наибольшее время и начали подключать свои генераторы к системе через 3 ч и более.

Полное обеспечение потребителей электроэнергией было осуществлено только утром следующего дня.

**Московская ГЭС № 1.** Особый резонанс этой аварии придавал факт полного погашения при аварии Московской ГЭС № 1, от шин которой питался центр города Москвы, в том числе правительственные учреждения.

На МГЭС № 1 была установлена автоматика, предусматривающая при отключении линий связи 110 кВ с энергосистемой, выделение всей станции мощностью 80 тыс. кВт на питание потребителей

центра города Москвы, при этом оставшиеся потребители, подключённые к шинам станции (мощностью порядка 70 тыс. кВт), полностью обесточивались. Соответствующие указания были и в инструкциях оперативному персоналу МГЭС № 1.

Поскольку при снижении частоты до 45 Гц линии связи 110 кВ с энергосистемой оставались в работе, то автоматика выделения станции действовать не должна была, а спасти нагрузку ответственных потребителей центра Москвы могли бы только самостоятельные действия персонала станции по одностороннему отключению этих линий 110 кВ на МГЭС № 1.

Однако, поскольку действовавший в условиях жёсткого цейтнота при непрерывном снижении частоты и напряжения в энергосистеме диспетчер Мосэнерго никаких указаний оперативному персоналу МГЭС № 1 по выделению станции на питание потребителей центра Москвы не давал, а тот в свою очередь никаких самостоятельных действий не предпринимал, то при снижении частоты и напряжения в системе и отключились генераторы станции, и погасли все ответственные потребители.

## **Влияние аварии на совершенствование подходов к обеспечению надёжности энергосистем**

**Требования к поддержанию нормального уровня частоты в энергосистеме.** Одной из основных проблем на протяжении почти всей истории отечественной электроэнергетики являлась проблема поддержания нормального уровня частоты в энергосистеме. Уже в первом издании “Правил технической эксплуатации”, вышедших в 1940 г., указывалось на недопустимость длительной работы с частотой ниже 49,5 Гц. При снижении частоты ниже этого уровня и исчерпании всех способов мобилизации генераторов в энергосистеме требовалось воздействие на снижение нагрузки потребителей, заранее расписанных по графикам аварийных ограничений и отключений.

В предвоенные годы в условиях роста потребления электроэнергии бурно развивающейся промышленностью и отставания вводов оборудования на электростанциях дефицит мощности и энергии был характерен для большинства энергосистем страны, а применение графиков отключений и ограничений было, увы, постоянной практикой.

В свою очередь, ограничения и отключения электроэнергии и мощности тормозили развитие народного хозяйства и вызывали возражения и протесты со стороны руководителей промышленных наркоматов и предприятий. Ссылаясь на особую важность для страны продукции, выпускаемой их предприятиями, наиболее пробивные руководители организовывали выпуск правительственных постановлений о запрете ввода ограничений и отключений электроэнергии для потребителей их предприятий.

Ещё более активные шли дальше и требовали наказания руководства энергосистем за ввод ограничений и отключений, т.е. за меры, направленные на обеспечение надёжности энергоснабжения всех потребителей энергосистемы.

Так, в октябре 1940 г. распоряжение об отключении сталелитейного цеха на подмосковном заводе “Электросталь” привело к снятию с работы и отдаче под суд управляющего Мосэнерго М. Я. Уфаева и главного инженера Н. П. Андреева. (Справедливости ради надо отметить, что суд ограничился “общественным порицанием”, а вскоре М. Я. Уфаев вновь станет управляющим Мосэнерго, а Н. П. Андреев будет трудиться на ответственных должностях в энергетике.)

Это вынуждало диспетчерский персонал действовать с оглядкой, ждать разрешения руководства энергосистемы на отдачу команд на отключение потребителей, а самих руководителей присутствовать на диспетчерских щитах, особенно в часы прохождения максимумов нагрузки, и принимать ответственные решения, находясь между молотом и наковальней.

Неудивительно, что в таких условиях работа с пониженной частотой в энергосистемах была распространённым явлением до войны, и приняла прямо-таки систематический характер во время войны.

В 1941 – 1942 гг. частота в энергосистемах Урала и Верхней Волги снижалась до 41 – 42 Гц, что было крайне опасно для оборудования электростанций. Пришлось вмешаться руководству страны, которое выпуском постановлений ГКО потребовало от руководителей наркоматов и промышленных предприятий безусловного соблюдения выделенных предприятиям наркоматов лимитов электроэнергии и мощности, а от руководителей энергосистем – поддержания нормального уровня частоты. Эти мероприятия позволили стабилизировать положение с уровнями частоты в энергосистемах, но, тем не менее, работа энергосистем с пониженной частотой была распространённым явлением, как в военные, так и в послевоенные годы.

Буквально за год до описываемых событий, в декабре 1947 г. при полном погашении Сталинской ГРЭС мощностью 300 тыс. кВт (турбогенератор № 6 мощностью 100 тыс. кВт был введён в 1948 г.), энергосистема Мосэнерго работала 20 мин с частотой ниже 45 Гц, но положение было исправлено за счёт имевшихся и быстро реализованных резервов мощности.

Поэтому, где-то в глубине души руководителей энергосистем существовало мнение, что, в общем-то, работа с низкой частотой не является таким уж и злом.

Когда результаты расследования аварии показали, что у диспетчера в его распоряжении было совсем мало времени для восстановления положе-

ния, и единственным выходом было проведение реального отключения потребителей в очень короткий промежуток времени, то сразу возникли претензии к диспетчерскому персоналу и руководству Мосэнерго.

Вот как это происходило на заседании Коллегии Минэнерго.

Главный электрик Минэнерго И. А. Сыромятников: *“Авария имела место в максимум – вышло 280 тыс. кВт мощности. И ясно было, что здесь надо было именно очень быстро выключить около 250 тыс. максимума; 110 тыс. кВт мощности имелось на автоматах разгрузки, следовательно, надо было выключить еще 150 тыс. кВт, но выключить быстро, и тогда этой аварии не было бы”.*

Министр электростанций СССР Д. Г. Жимерин: *“Система потеряла 280 тыс. кВт нагрузки, – а это диспетчеру было ясно буквально через сколько (с места: через минуту) ... не минуту, а 5 – 7 секунд надо было, чтобы диспетчер это понял, – диспетчер и пришедший на щит Нахапетян знали какие последствия будут от этого, это должно лежать на их совести, они обязаны были знать, что Сталиногорка имеет собственный расход не отделимый от сети нажатием кнопки, и что Сталиногорка, при резкой посадке частоты, должна естественно снизить нагрузку. Для того, чтобы это сообразить, диспетчеру требуется, может быть, 30 секунд, и потом отсюда должны быть действия, не заменимые никакими автоматами. Автоматика 100 тыс. кВт отключила (в оригинале 180, но это явно ошибка стенографистки), но надо было еще снижать нагрузку...”.*

Обращаясь к К. Т. Нахапетяну: *“Сколько требуется инженеру времени на подстанции на выключение группы и на нагрузку?”* и получив ответ: *“Несколько меньше, чем минута”*, бросает: *“Зачем же минута. У вас имеется связь, он сразу может выключить”.*

Думается, что Д. Г. Жимерин, обладая большим практическим опытом, на самом деле представлял, что в течение минуты невозможно реализовать команды на отключение потребителей, тут он явно в запале выдал желаемое за действительное.

Что могли сказать по этому поводу руководители Мосэнерго?

Первое, о чем заявили М. Я. Уфаев, Д. Г. Чижов и К. Т. Нахапетян, что случаи снижения частоты в энергосистеме до 45 Гц и менее случались и раньше, но всё обходилось, развала энергосистемы не было. Вот вам и ещё одно печальное последствие тяжёлого военного времени.

Второе, главный диспетчер К. Т. Нахапетян заявил, что: *“В момент аварии, когда я пришел на пункт (это примерно, через 1,5 минуты после начала аварии) было видно, что ... диспетчер принял меры к тому, чтобы выключать, и тут же дали распоряжение дежурному персоналу выключать*

трансформаторную группу. Выключение шло полным ходом”.

Третье, главный диспетчер К. Т. Нахапетян сказал, что: *“В практике диспетчерской системы были такие аварии во время войны с резкой посадкой частоты, однако не допускали такого развала. Спрашивается, почему на этот раз развалилась система? Трагедия была в том, что нами не была правильно оценена роль Сталиногорской ГРЭС в нашей системе. Вот основная трагедия, почему распалась система. У нас были случаи 88 и 90 перемен (44 и 45 Гц), но не было распада и всегда справлялся персонал”.*

Из ответов руководителей Мосэнерго ясно видно, что в снижении частоты до 45 Гц они не видели никакой катастрофы, команды на отключение потребителей они отдали тоже своевременно и в необходимом объёме, а их реализация происходила в обычном установленном порядке. Таким образом, расчёт был на то, что в течение порядка 15 – 20 мин реализации команд на отключение потребителей удастся поднять частоту и осуществить восстановление транзита 220 кВ с Угличской ГЭС.

Что касается быстрого снижения мощности Сталиногорской ГРЭС при частоте 45 Гц, то это стало для всех неприятным сюрпризом, ибо никаких расчётов и исследований по этому поводу не производилось, и какого-то опыта тоже не было (когда год назад частота в энергосистеме снижалась до 45 Гц, Сталиногорская ГРЭС была “на нуле”).

Можно отметить интересную деталь: на упомянутом заседании коллегии выявилось, что команды на снижение потребления путём отключения трансформаторов на подстанциях особо-то и не спешили выполнять, вспоминая, как их руководитель не так уж и давно довольно жестоко поплатился за подобные действия.

Но совершенно прав был Д. Г. Жимерин, заявляя: *“Считаю, что дежурный диспетчер Зеленкин и главный диспетчер Нахапетян, безусловно, не проявили в этом деле оперативности и твердости. Тут товарищи пытались так поставить вопрос, что если бы он отключил, его привлекли бы к ответственности. Конечно, если бы он отключил, мы разобрались бы в этом, правильно или неправильно это было сделано. Но если исходить из того, что должен делать персонал, который, собственно и существует-то для того, чтобы принимать решение, то ведь этому диспетчеру представлено право решать вопросы самому в тяжелых условиях. Вот эту ответственную функцию диспетчер выполнил не лучшим и не должным образом”.*

**Работа тепловых электростанций при пониженной частоте.** Уже указывалось, что энергосистемы имели определённый опыт длительной работы с пониженной частотой, правда, при этом

механизмы собственных нужды станции запитывались от выделенного генератора, работавшего с номинальной частотой. Но при этом генераторы станции всегда работали в режимах с допустимой токовой нагрузкой.

Это было возможно, так как большинство тепловых электростанций постройки 20 – 30 годов прошлого столетия имели или отдельный генератор небольшой мощности для питания механизмов собственных нужд (так называемые “хаус-генераторы”), или схемную возможность выделения одного или нескольких генераторов на питание механизмов собственных нужд станции.

Исходя из этого считалось, что при снижении частоты в энергосистеме для сохранения нагрузки станции достаточно обеспечить питание собственных нужд станции от выделенного генератора. При аварии некоторые тепловые станции Мосэнерго и выполнили эту операцию при снижении частоты.

Однако анализ происшедшей аварии показал, что при отсутствии в системе резервов активной и реактивной мощности возникший нескомпенсированный дефицит активной и реактивной мощности с глубоким снижением частоты и напряжения ведёт к работе регуляторов возбуждения, вызывающих перегрузку генераторов по току, снятие которой осуществляется персоналом разгрузкой по активной мощности с дальнейшим снижением частоты и напряжения и последующим отключением генераторов от сети вручную персоналом или автоматически защитами от перегрузки.

Выделение части генераторов станции на питание собственных нужд ещё более увеличивает этот дефицит и не спасает положение, так как разгрузка станции по активной мощности будет всё равно производиться из-за перегрузки генераторов током.

Следовательно, для предотвращения развития системных аварий необходимо установить минимальный уровень частоты, ниже которого ни при каких условиях нельзя длительно допускать работу энергосистемы.

Проведённые исследования зависимости рабочей мощности станции от снижения производительности механизмов собственных нужд тепловых электростанций при снижении частоты позволили сделать вывод, что в аварийных условиях минимальным уровнем частоты, с точки зрения обеспечения работы тепловых станций, является частота порядка 48 Гц. Это потребовало пересмотра сложившихся подходов к действиям диспетчерского персонала при снижении частоты.

Что касается выделения генераторов на питание собственных нужд и местной нагрузки, то такое решение стало применяться только в условиях невозможности предотвратить развал энергосистемы и только для сохранения питания собственных нужд выделенных электростанций (и некоторо-

го объёма местной нагрузки потребителей) и сокращения времени восстановления энергосистем.

**Автоматика разгрузки при снижении частоты.** Недостаточность объёма потребителей, подключённых к АЧР, была очевидна всем, но никаких упреков в адрес руководства Мосэнерго по этому поводу сказано не было. Очевидно, что при наличии подключённой к АЧР нагрузки потребителей, составляющей 350 тыс. кВт (25% максимальной нагрузки, как это предусмотрено нормами, установленными министерством), авария не получила бы такого развития.

Видимо, недостаточность объёма потребителей, подключённых к АЧР (возможно считалось, что достаточно объёма потребителей, подключённых к АЧР, в размере мощности самого крупного генератора энергосистемы, а это были генераторы по 100 тыс. кВт Сталиногорской ГРЭС), была связана со спецификой столичной энергосистемы и её ответственными потребителями, так как буквально сразу после аварии было получено разрешение (очевидно от руководства министерства) на доведение объёма отключаемых от АЧР потребителей с 7 до 25% нагрузки энергосистемы.

Вместе с тем, анализ действий АЧР показал, что недостаточное количество очередей АЧР и большие погрешности применяемых реле частоты (как импортных, так и отечественных аналогов) могут приводить как к зависанию частоты на низком уровне, так и к передозировке, с выходом на уровень частоты в системе выше 50 Гц.

Был разработан ряд мероприятий, направленных, в первую очередь, на повышение селективного действия АЧР за счёт увеличения числа очередей АЧР, изменения уставок каждой очереди АЧР (по частоте и времени срабатывания, объёму отключаемых потребителей), а также на применение более точных реле частоты (индукционного типа).

Предложенное направление развития отечественной системы АЧР привело к повышению первых уставок АЧР сначала с 47 до 48,5 Гц, а потом – до 49,2 Гц (спецочередь АЧР), созданию стройной многоступенчатой системы АЧР-1 и АЧР-2, с подключением потребителей, составляющих до 60% максимальной нагрузки энергосистемы, обеспечивающей селективное воздействие на отключение потребителей и не допускающей зависания частоты на низком уровне.

**Релейная защита основной электрической сети.** Как уже говорилось, на линиях 220 кВ, связывающих основные ГЭС и ТЭС Московской энергосистемы, были установлены импортные направленные с ВЧ-блокировкой защиты, не имевшие особых преимуществ по сравнению с отечественными аналогами.

Отказ устройства релейной защиты, приведший к катастрофическим последствиям, подтвердил значимость надёжного функционирования



Диспетчерский щит Мосэнерго в 1954 г.

устройств релейной защиты для обеспечения надёжной работы энергосистем.

В первую очередь началось активное внедрение устройств дифференциально-фазной высокочастотной защиты, разработанной ЦНИИЭЛ (ВНИИЭ), обладавшей рядом преимуществ перед применявшимися направленными защитами с ВЧ-блокировкой.

На более длительную перспективу правительством принимается решение о расширении выпуска устройств релейной защиты отечественной промышленностью на новом качественном уровне. В течение нескольких лет отечественными специалистами был разработан, а промышленностью освоен целый ряд устройств релейной защиты линий электропередачи, развитие которых составило основу существующей системы релейной защиты ЭЭС.

**Диспетчерское управление Мосэнерго.** Основы системы диспетчерского управления в нашей стране были заложены именно в Московской энергосистеме, здесь же появился и первый диспетчерский пункт управления режимами, являясь образцом для подражания другим формирующимся в 1920 – 1930 гг. энергосистемам.

Уровень квалификации диспетчерского персонала Мосэнерго тех лет можно оценить как достаточно высокий, так, диспетчер Зеленкин работал в системе с 1931 г., т.е. был достаточно опытным диспетчером.

Высокая квалификация диспетчеров Мосэнерго обеспечивалась продуманной системой подготовки персонала. Диспетчерская служба Мосэнерго первой в стране начала проводить регулярные противоаварийные тренировки диспетчерского персонала, которые, к сожалению, исходя из уровня технических средств того времени, вплоть до 1990-х годов, представляли собой фактически диалог обучаемого диспетчера и инструктора по разработанному сценарию ликвидации аварийной ситуации в энергосистеме.

После отключения двух линий 220 кВ диспетчер Зеленкин правильно оценил ситуацию, дав команды на загрузку резервов, хоть и минимальных по объёму, и команды на отключение потребителей, а затем пытался восстановить с нуля энергосистему подачей напряжения с ГЭС по линии 220 кВ, отключившейся односторонне.

В ходе ликвидации аварии выяснилось, что имевшиеся на диспетчерском щите два человека в диспетчерской смене не справлялись с обработкой поступающей информации, а оперативный персонал на местах был ограничен в своих самостоятельных действиях.

Об этом прямо сказал Д. Г. Чижов, заявив что *“часть звонков, может быть, очень ответственных, не были приняты персоналом диспетчерского пункта. Просто в трескотне телефонной кто-то хотел сообщить со станции серьезное сообщение, но оно не могло быть принято”*.

Действительно, наличие в подчинении у диспетчера около 20 электростанций и 8 крупных узловых подстанций при условии недостаточного объёма телеизмерений и телесигнализации с этих объектов, делало невозможным за короткий отрезок времени как принять информацию, так и отдать необходимые команды.

Особенно пострадала при этом МГЭС № 1, оперативный персонал которой, не осмеливаясь предпринимать какие-либо самостоятельные действия, ожидал команды на выделение, но так её и не получил, что привело к погашению ответственных потребителей центра города.

На основании выводов, сделанных по результатам анализа аварии, руководством Мосэнерго принимается решение об увеличении состава диспетчерской смены с двух до трёх человек, и о сооружении нового диспетчерского щита Мосэнерго.

В инструкции действий оперативного персонала на объектах вводятся указания, расширяющие права оперативного персонала при проведении самостоятельных действий в различных аварийных ситуациях.

**Объединённая энергосистема Центра.** Одним из основных преимуществ параллельной работы в составе объединённой энергосистемы является возможность получения аварийной взаимопомощи. Но это может быть практически реализовано при поддержании параллельно работающими энергосистемами определённых объёмов резервов мощности и достаточной пропускной способности межсистемных линий связи для реализации аварийной взаимопомощи.

Однако 18 декабря 1948 г. параллельно работавшие с Московской энергосистемой Ярославская, Ивановская и Горьковская энергосистемы, после выделения на них Угличской и Рыбинской ГЭС и работе делительной автоматики по единственной межсистемной линии 110 кВ, отделились

от Мосэнерго и, естественно, не могли ей помочь в случившейся ситуации.

Рост потребления электроэнергии в Московской энергосистеме с трудом покрывался вводом новых мощностей на электростанциях системы и поэтому в 1950 г. принимается решение о строительстве Куйбышевской и Сталинградской ГЭС и передаче большей части выработанной этими станциями электроэнергии в Московский район по линиям 400 кВ, ставшим костяком формируемой Единой энергетической системы страны. Это стало действительно революционным решением обеспечения надёжного функционирования столичной энергосистемы, ставшей ядром Объединённой энергетической системы Центра, связанной линиями 500 – 220 кВ, а затем и 750 кВ, с соседними ОЭС, вошедшими в состав ЕЭС.

## Выводы

Авария 18 декабря 1948 г. в Московской энергосистеме по своим масштабам была самой тяжёлой в истории энергосистемы, значительно превосходя как все предыдущие, так и последующие.

Несмотря на неблагоприятные последствия аварии руководством отрасли в целом были сделаны правильные выводы, благоприятно повлиявшие на дальнейшее развитие подходов и принципов обеспечения надёжного функционирования энергосистем и электроснабжения потребителей.

1. Авария ещё раз подтвердила важность поддержания необходимых объёмов резервов активной и реактивной мощности, как за счёт ввода новых генерирующих мощностей на электростанциях, так и за счёт установки источников реактивной мощности на узловых подстанциях и у потребителей.

2. Пересмотрены сложившиеся подходы к регулированию частоты в энергосистемах и принято решение о недопустимости длительной работы энергосистем с частотой 48 Гц и ниже.

3. Пересмотрены основные подходы к обеспечению энергосистем устройствами системы АЧР, как одной из важнейших автоматических систем, обеспечивающих надёжное функционирование энергосистемы.

4. Приступили к разработке и внедрению выпуска отечественной промышленностью целого ряда более совершенных устройств релейной защиты и автоматики линий электропередачи, шин и трансформаторов.

5. Проведена реконструкция диспетчерского пункта Мосэнерго с оснащением его современными средствами диспетчерской связи и устройствами телемеханики.

6. Принято решение о начале работ по созданию Единой энергосистемы страны.

## Список литературы

1. 120 лет Мосэнерго. М., 2007, стр. 81 – 83.
2. Иофьев Б. И. Аварии и вокруг них. М.: Изд-во “Эдитус”, 2013, стр. 162 – 163.

3. РГАЭ. Фонд 7964, опись 2, Дело № 10, стр. 349 – 395.
4. Отчёт по анализу одной из аварий с распадом энергосистемы. М.: ОРГРЭС, 1950.

*Фотографии и схема сети любезно предоставлены сотрудниками архива музея “Мосэнерго”.*

### Действующие лица

Несмотря на резонанс от аварии, оставившей на несколько часов без электроэнергии все правительственные учреждения СССР, и вопреки сложившемуся мнению о суровом репрессивном характере той эпохи, все руководители Министерства электростанций СССР и руководство Мосэнерго после аварии остались на своих постах.

**Дмитрий Георгиевич Жимерин** (1906 – 1995), министр (нарком) электростанций СССР с 1942 по



Д. Г. Жимерин

1953 г., в 1953 – 1954 гг. – первый заместитель министра электростанций и электропромышленности, уверенно руководил отраслью в труднейшие военные и послевоенные годы, демонстрируя выдающиеся организаторские способности и высочайшую инженерную квалификацию. В 1954 – 1958 гг. в период хрущёвских реформ по реорганизации управления промышленностью занимал ответственные посты в Совмине и Госплане СССР. После перенесённых инфарктов, с 1964 по 1983 г. вёл научную деятельность, руководя ЭНИН им. Г. М. Кржижановского и работая в ГКНТ. В 1939 – 1941 гг. Дмитрий Георгиевич был главным редактором журнала “Электрические станции”.

**Михаил Яковлевич Уфаев** (1895 – 1960), управляющий Мосэнерго в 1937 – 1940 и 1943 – 1960 гг. После необоснованного снятия с должности Михаил Яковлевич был директором строящейся Калужской ТЭЦ (ТЭЦ № 20) и ТЭЦ № 11, которая теперь носит его имя (раньше ТЭЦ № 11 называлась Сталинской). Внёс огромный вклад в становление Мосэнерго, как крупнейшей энергосистемы страны.



М. Я. Уфаев

**Дмитрий Георгиевич Чижов** (1903 – 1974), главный инженер Мосэнерго в 1940 – 1949 гг. В 1949 –



Д. Г. Чижов

1959 гг. – начальник главка, заместитель министра, главный редактор журнала “Электрические станции” в 1951 – 1954 гг. В 1959 – 1960 гг. – начальник ОДУ ЕЭС СССР, в 1960 – 1966 гг. работает на ответственных должностях в Совете Министров РСФСР, в 1966 – 1974 гг. заместитель председателя НТС Минэнерго СССР. Провёл большую работу по организации параллельной работы энергосистем и формированию ЕЭС.

**Корюн Татевосович Нахапетян** (1907 – 1970), главный диспетчер Мосэнерго с 1939 по 1953 г. Внёс большой вклад в организацию системы диспетчерского управления Мосэнерго, ставшей во многом образцом для других энергосистем страны. С 1953 г. – главный диспетчер, начальник ОДУ Центра, преобразованного в 1957 г. в ОДУ ЕЭС Европейской части страны. Под его руководством проведена большая работа по объединению энергосистем страны в Единую энергетическую систему и организацию многоуровневой системы диспетчерского управления ЕЭС.



К. Т. Нахапетян