



РОСЭНЕРГОАТОМ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ДИВИЗИОН РОСАТОМА

Отключение энергоблока № 2 НВАЭС-2 от сети 11.06.2020 защитой по повышению уровня в сепаратосборнике СПП

Фёдоров Анатолий Иванович

И.о. главного инженера Нововоронежской АЭС
филиала АО «Концерн «Росэнергоатом»
«Нововоронежская атомная станция»

09 июля 2020 года

Исходное состояние

- Энергоблок № 2 НВАЭС-2 в эксплуатационном состоянии «Работа на мощности»:

- $N_{\text{ТЕПЛ}}=3180$ МВт;

- $N_{\text{Н}}=98\%$;

- $N_{\text{ЭЛ}}=1103$ МВт

- Состояние основного оборудования:

- в работе - оборудование в соответствии с РТРБЭ;

- каналы № 1, 2 СБ - в режиме «дежурство».

Развитие событий: что произошло

| | |
|------------------------|---|
| 11.06.2020 19:05:00 | После проведения целевого инструктажа НСБ оперативному персоналу ЦТАИ начаты работы по заявке № 987 и бланку переключения № 73 по продувке импульсных линий датчиков давления на сливе уплотняющей воды ГЦНА-1 21КВА61СР001А(В,С) . |
| 11.06.2020 19:54:03 | Сработала защита на отключение ГЦНА-1 по снижению давления на сливе уплотняющей воды менее 0,049МПа. |
| 11.06.2020 19:54:05 | Сработали УПЗ, ПЗ-1, ПЗ-2, РОМ по причине «Отключение 1 из 4 ГЦНА». |
| 11.06.2020 19:54:06 | Окончание работы ПЗ-1, РОМ. РУ разгружена до $N_n=53\%$, $N_{эл}=545$ МВт. |
| 11.06.2020 19:55:04 | Отключение ГЦНА-2 по повышению уровня в ПГ-2 до 2,9 м. |
| 11.06.2020 19:55:06 | Сработали ПЗ-1, ПЗ-2, РОМ по причине «Отключение 2 смежных ГЦНА из 4». |
| 11.06.2020 19:55:37 | Окончание работы ПЗ-1, РОМ. РУ разгружена до $N_n=39\%$, $N_{эл}=300$ МВт. |
| 11.06.2020 19:58:23 | Отключение ТГ от сети по причине «Повышение уровня в сепараторе СПП до 0,995 м». Закрыты СК, РК ВД и НД ТА, в работе БРУ-К. |

Последствия события

- Нарушений пределов и условий безопасной эксплуатации – не было.
- Радиационная обстановка – без изменений.
- Недовыработка электроэнергии – 26,905 млн. кВт·ч.

Оперативное информирование о событии

Направлены оперативное и предварительные сообщения о произошедшем событии в установленном порядке.

Принятые меры для выяснения причин события

- ❖ Приказом АО «Концерн Росэнергоатом» от 15.06.2020 № 9/02/848-П образована комиссия по расследованию.
- ❖ Сняты архивы по произошедшему событию, выполнен их анализ.
- ❖ Проведены собеседования с оперативным персоналом, рассмотрены и проанализированы пояснительные записки оперативного персонала, аудио- и видеозаписи переговоров, действий персонала БПУ при возникновении и ликвидации нарушения, записи в оперативных журналах.
- ❖ Расследование завершено. Оформлен отчет в соответствии с требованиями РД ЭО 1.1.2.01.0163-2016.

В ходе нарушения имело место три последовательных события

- Отключение ГЦНА-1 при проведении работ по продувки импульсных линий датчиков на сливе уплотняющей воды;
- Отключение ГЦНА-2 по повышению уровня в ПГ-2 до 2,9 м;
- Отключение ТА от сети защитой по повышению уровня в СС СПП более 0,995 м.

Событие №1 (Отключение ГЦНА-1 при проведении работ по продувке импульсных линий датчиков на сливе уплотняющей воды)

- ❖ В процессе суточного регулирования нагрузки энергоблока в диапазоне 100-80-100% с 03.06.2020 по 10.06.2020 наблюдался рост значения давления в трубопроводах слива уплотняющей воды ГЦНА-1÷4 (0,23 МПа; 0,21 МПа; 0,3 МПа; 0,27 МПа).
- ❖ Административно-техническим персоналом РЦ-6 принято решение выполнить продувку импульсных линий КИП давления и удаление воздуха из трубопровода слива уплотняющей воды.
- ❖ В ходе работ по продувке импульсных линий КИП давления трубопровода слива уплотняющей воды ГЦНА-1 из-за неправильных действий персонала ЦТАИ сработала защита (21JEB10EZ200M) по снижению давления (менее 0,049 МПа) на сливе уплотняющей воды.

Анализ подготовки и проведения работ по продувке импульсных линий датчиков на сливе уплотняющей воды

- ❖ При выполнении операции по пункту 9 Бланка переключений № 73 «Восстановления работоспособности измерительных каналов 21КВА61СР001 А, В, С параметра «Давление линии слива уплотняющей воды ГЦНА» участвующих в алгоритмах ТХS» ДИ ЦТАИ выполнил ввод имитирующих сигналов на сервисной станции одновременно в трех каналах 0,234 Мпа вместо 0,334 МПа.
- ❖ НСЦТАИ осуществлял недостаточный контроль за выполнением работ подчиненным персоналом.
- ❖ Типовая программа «Восстановления работоспособности измерительных каналов УСБТ, АЗ-ПЗ, УСБИ э/б № 2НВАЭС-2» не содержит требований о поканальном вводе имитирующих значений.

Графики параметров

Архивный тренд

143753_260620

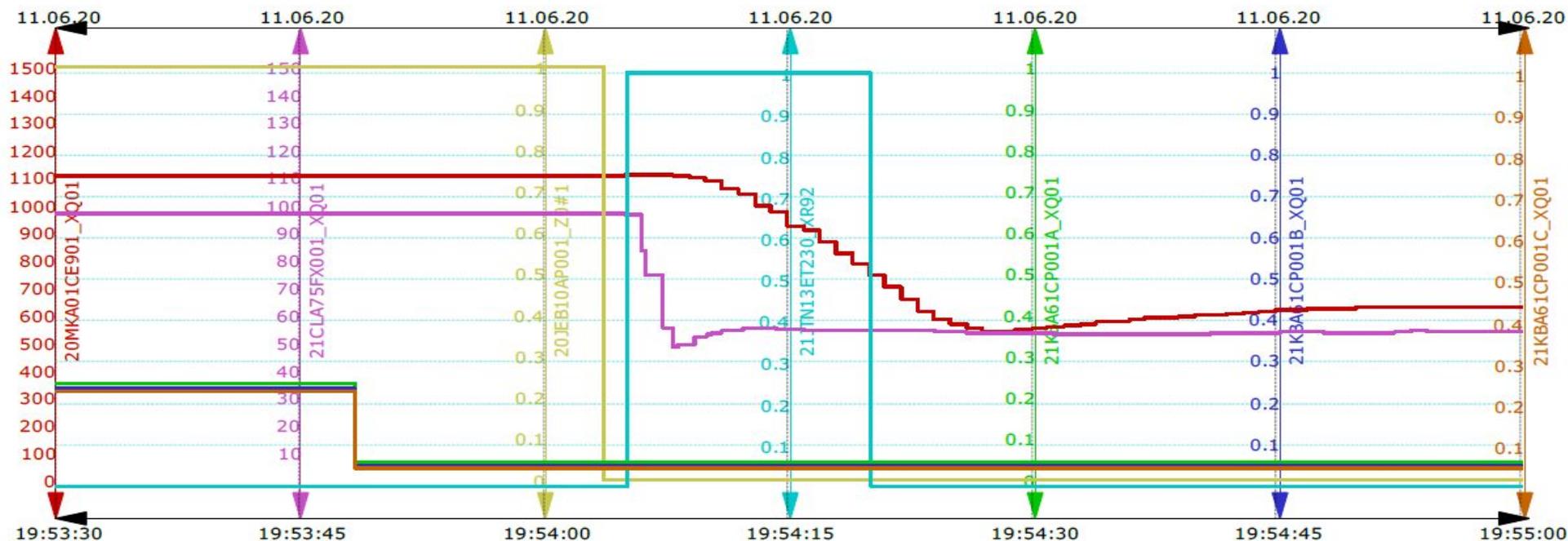
26.06.2020 15:20:58



НвоАЭС-2-2-СВБУ Устройство передачи данных (20СКК90)

Оператор: PLS

Выборка: 11.06.20 19:53:30 - 11.06.20 19:55:00 @20СККМ30



| Сигнал | Описание | Ед изм | Минимум | Максимум |
|--------------------|--|--------|-----------|----------|
| 20MKA01CE901_XQ01 | М ГЕНЕРАТОРА 0-1500 МВТ | МВт | 0 | 1500 |
| 21CLA75FX001_XQ01 | Усредненное значение мощности | % | 1e-09 | 150 |
| 20JEB10AP001_Z0#1 | Положение: ВКЛ. ГЦН 1 | | 0 | 1 |
| 21JTN13ET230_XR92 | АС23: Срабатывание УПЗ | | 0.0164557 | 1.01646 |
| 21KBA61CP001A_XQ01 | Давление на сливе уплотняющей воды ГЦНА-1 (датчик А) | МПа | 0 | 1 |
| 21KBA61CP001B_XQ01 | Давление на сливе уплотняющей воды ГЦНА-1 (датчик В) | МПа | 0.01 | 1.01 |
| 21KBA61CP001C_XQ01 | Давление на сливе уплотняющей воды ГЦНА-1 (датчик С) | МПа | 0.02 | 1.02 |

Событие №2 (Отключение ГЦНА-2 по повышению уровня в ПГ-2 до 2,9м.)

- ❖ Повышение уровня в ПГ-2 произошло из-за некорректной работы регулятора уровня в следствие запаздывания передачи сигналов, формирующих расчетное значение расхода пара, в алгоритм работы регулятора.

Анализ причин некорректной работы регулятора уровня ПГ-2

- ❖ Значение времени циклической передачи телеграмм AKS21 в шкафах 21СМА22, 22СМВ22 (с 1секунды на 30секунд) было изменено в рамках реализации Решения по оптимизации информационного обмена передачи данных технологических параметров по шине EN, после завершения этапа ПНР.
- ❖ Данное изменение ППО прошло процедуру верификации согласно пунктов 4, 5 Решения и было передано АО «РАСУ» в адрес Нововоронежской АЭС и АО «Атомэнергопроект» для последующей реализации.

Графики параметров

Архивный тренд

143753_260620

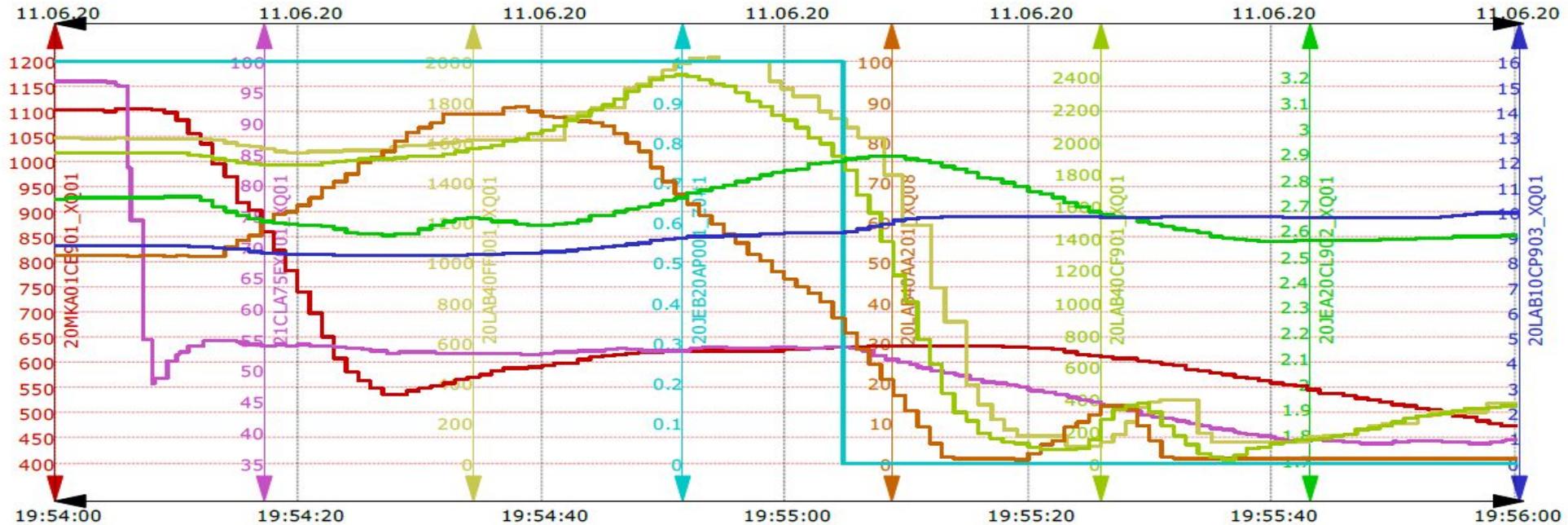
26.06.2020 15:00:50



НвоАЭС-2-2-СВБУ Устройство передачи данных (20СКК90)

Оператор: PLS

Выборка: 11.06.20 19:54:00 - 11.06.20 19:56:00 @20СКМ30



| Сигнал | Описание | Ед изм | Минимум | Максимум |
|-------------------|--|--------|---------|----------|
| 20МКА01СЕ901_XQ01 | N ГЕНЕРАТОРА 0-1500 МВт | МВт | 400 | 1200 |
| 21СЛА75FX001_XQ01 | Усредненное значение мощности | % | 35 | 100 |
| 20ЛАВ40FF001_XQ01 | Массовый расход питательной воды в ПГ2 | т/час | 0 | 2000 |
| 20JEB20AP001_Z0#1 | Положение: ВКЛ. ГЦН 2 | | 0 | 1 |
| 20ЛАВ40AA201_XQ08 | ОРУ ПГ-2 0-100 % | % | 0 | 100 |
| 20ЛАВ40CF901_XQ01 | F В ПГ-2 0-2500 м3/ч | м3/ч | 0 | 2500 |
| 20JEA20CL902_XQ01 | L ПГ-2 1.69-3.29 М | м | 1.686 | 3.262 |
| 20ЛАВ10СР903_XQ01 | P ПЕРЕД УЗЛ ПИТ ПГ 0-16 МПа | МПа | 0 | 16 |

Графики параметров (ПНР)

Архивный тренд

113135_150620

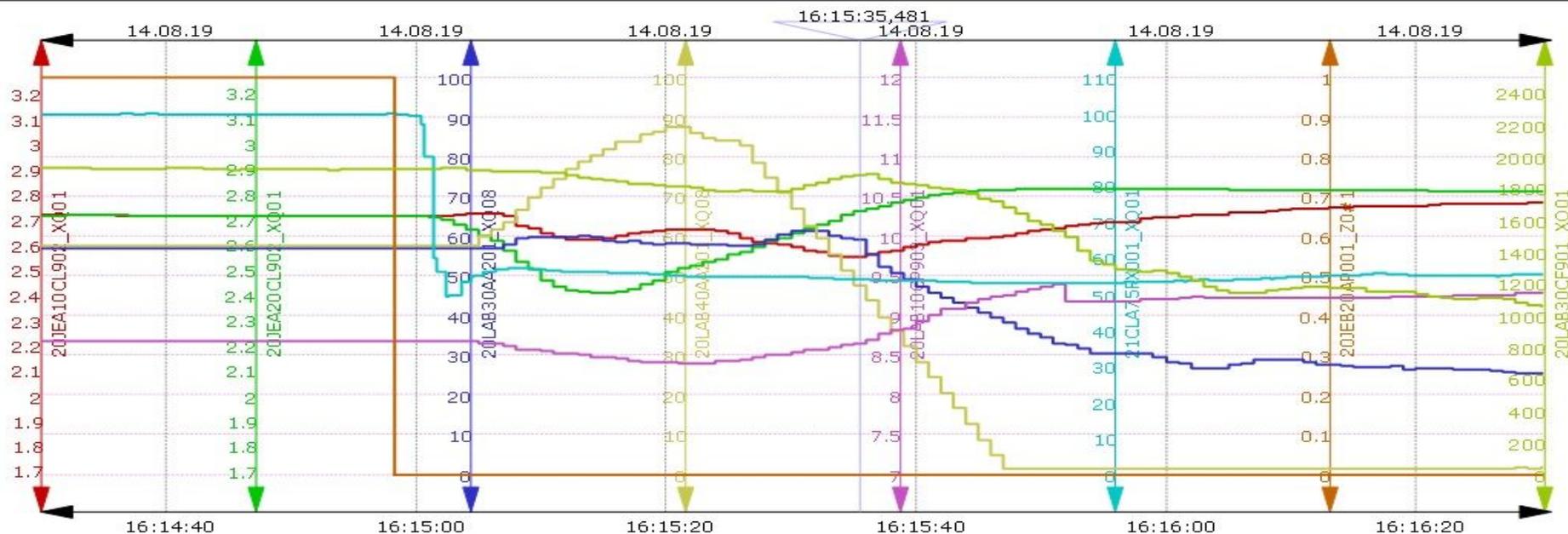
15.06.2020 14:20:00



НвоАЭС-2-2-СВБУ Устройство передачи данных (20СКК90)

Оператор: PLS

Выборка: 14.08.19 16:14:30 - 14.08.19 16:16:30 @20СКМ30

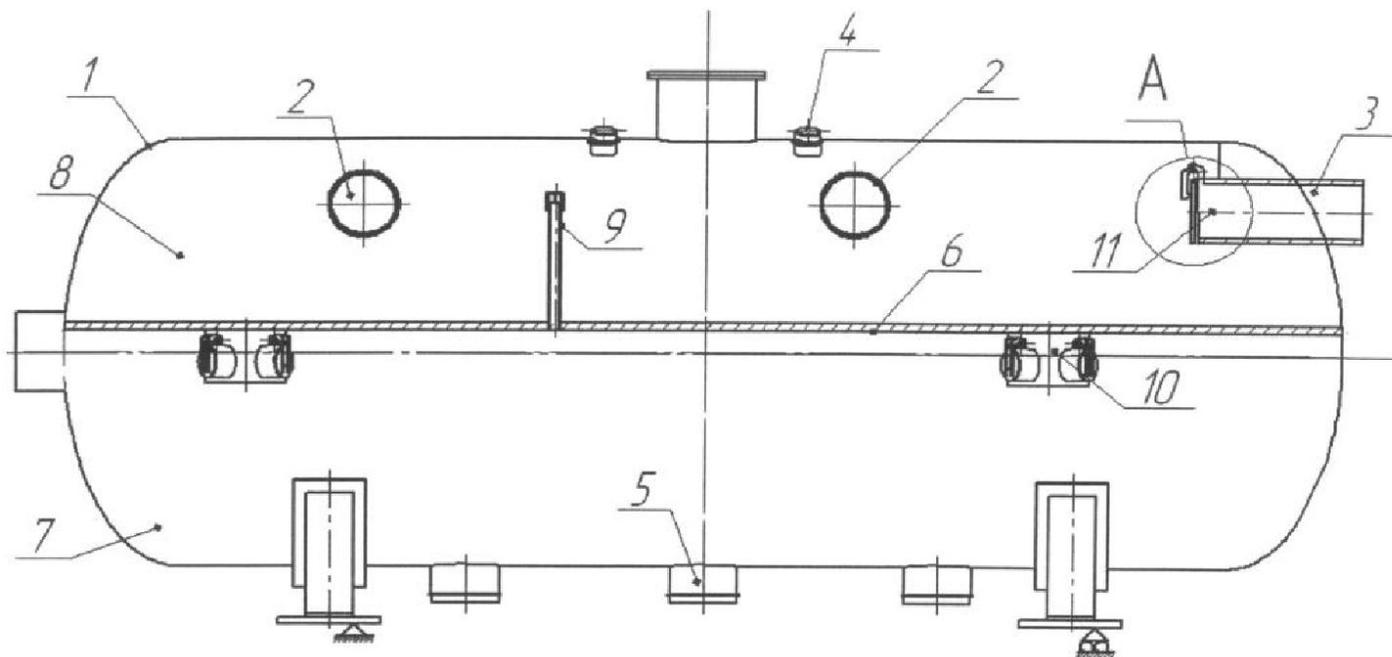


| Сигнал | Описание | Ед изм | Минимум | Максимум | Курсор |
|-------------------|-------------------------------|--------|---------|----------|--------|
| 20JEА10СL902_ХQ01 | L ПГ-1 1.69-3.29 М | м | 1.685 | 3.265 | 2.551 |
| 20JEА20СL902_ХQ01 | L ПГ-2 1.69-3.29 М | м | 1.686 | 3.262 | 2.729 |
| 20LAV30AA201_ХQ08 | ОРУ ПГ-1 0-100 % | % | 0 | 100 | 58.9 |
| 20LAV40AA201_ХQ08 | ОРУ ПГ-2 0-100 % | % | 0 | 100 | 47.5 |
| 20LAV10СР903_ХQ01 | P ПЕРЕД УЗЛ ПИТ ПГ 0-16 МПа | МПа | 7 | 12 | 8.65 |
| 21СLА75FХ001_ХQ01 | Усредненное значение мощности | % | 0 | 110 | 53.9 |
| 20JEВ20АР001_Z0#1 | Положение: ВКЛ. ГЦН 2 | | 0 | 1 | НЕТ |
| 20LAV30СF901_ХQ01 | F В ПГ-1 0-2500 мЗ/ч | мЗ/ч | 0 | 2500 | 1882 |

Событие №3 (Отключение ТА от сети защитой по повышению уровня в СС СПП более 0,995 м)

- ❖ Значения показаний уровня в верхней камере СС СПП перед толчком турбины составляли 0,05 м, после набора нагрузки турбины показания уровня в верхней камере СС СПП выросли до 0,15 м. (После ППР-2020 импульсные линии датчиков КИП уровня верхней камеры СС СПП были продуты согласно программы пуска блока).
- ❖ В инструкции по эксплуатации системы сепарации и промперегрева указано требование по контролю за параметрами в СС СПП нижней камеры и отсутствует требование по контролю параметров в верхней камере СС СПП.
- ❖ При последовательном отключении ГЦНА-1, 2 давление и температура в СС СПП непрерывно снижались вслед за разгрузкой ТА.
- ❖ Снижение давления в верхней камере происходило интенсивней, чем в нижней камере, что привело к закрытию обратных клапанов на линии слива сепарата и увеличению уровня в верхней камере до значения срабатывания защиты (0,995 м).

Устройство и принцип работы сепараторборника СПП



Внутри корпуса 1 установлена перегородка 6, разделяющая корпус 1 на водяной 7 и паровой 8 отсеки. На перегородке 6 установлены дыхательный патрубок 9 и обратные клапаны 10, через которые происходит слив сепарата из парового отсека в водяной отсек.

Анализ алгоритма защиты турбины по уровню в СС СПП

- ❖ Реализация алгоритма срабатывания защиты по уровню в СС СПП на НВАЭС-2 происходит по логике «2 из 3» по повышению уровней в СС СПП более 0,995 м.
- ❖ На ЛАЭС-2 реализован аналогичный алгоритм срабатывания защиты по уровню в СС СПП, но с дополнительным условием подтверждения появления уровня сепарата в корпусе любого СПП.

Графики параметров

Архивный тренд

143753_260620

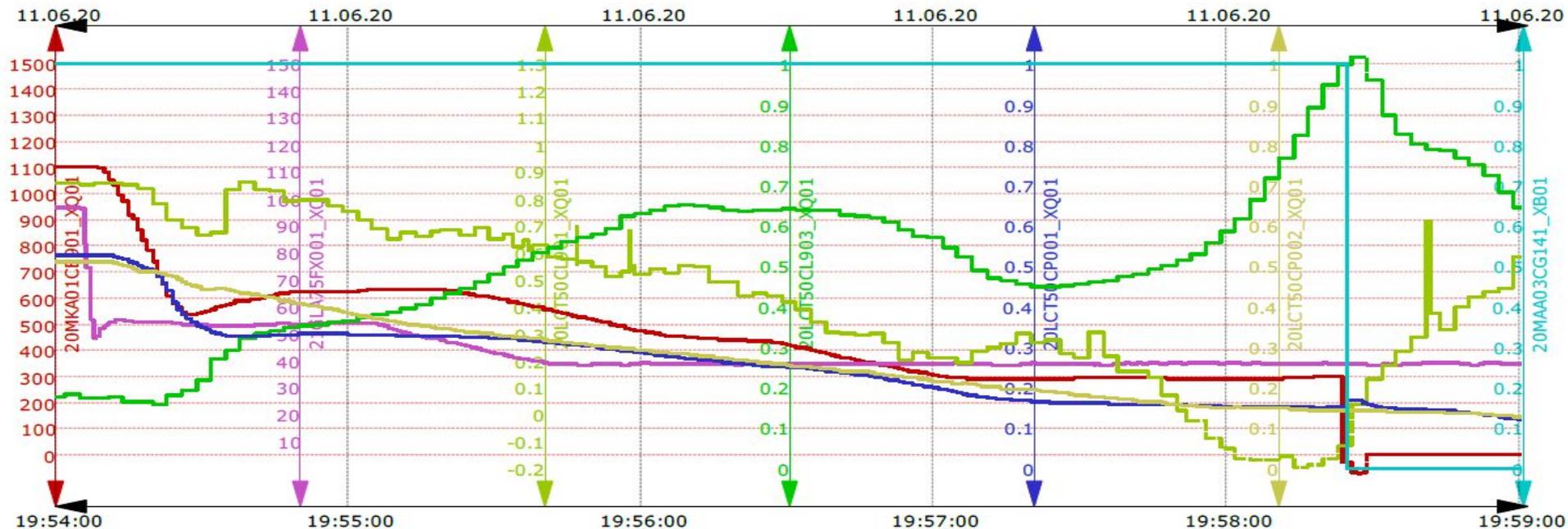
26.06.2020 15:24:42



НвоАЭС-2-2-СВБУ Устройство передачи данных (20СКК90)

Оператор: PLS

Выборка: 11.06.20 19:54:00 - 11.06.20 19:59:00 @20СКМ30



| Сигнал | Описание | Ед изм | Минимум | Максимум |
|-------------------|-------------------------------|--------|---------|----------|
| 20MKA01CE901_XQ01 | N ГЕНЕРАТОРА 0-1500 МВт | МВт | -50 | 1500 |
| 21CLA75FX001_XQ01 | Усредненное значение мощности | % | 1e-09 | 150 |
| 20LCT50CL901_XQ01 | L СС СПП 0-1.3 М | м | -0.2 | 1.3 |
| 20LCT50CL903_XQ01 | L В СЕПАРАТ СПП 0-1 М | м | 0 | 1 |
| 20LCT50CP001_XQ01 | P СС СПП 0-1 МПа | МПа | 0 | 1 |
| 20LCT50CP002_XQ01 | P СС СПП 0-1 МПа | МПа | 0 | 1 |
| 20MAA03CG141_XB01 | СК-3 ВД ТУРБ ОТКР | | 0 | 1 |

Непосредственные причины нарушения (почему произошло)

Событие №1

- ❖ Ошибочный ввод цифровых (численных) значений на сервисной станции одновременно в трех измерительных каналах.

Событие №2

- ❖ Некорректная работа регулятора уровня в следствие запаздывания передачи сигналов, формирующих расчетное значение расхода пара.

Событие №3

- ❖ Отсутствие в алгоритме срабатывания защиты на останов турбины по уровню в СС СПП дополнительного условия по повышению уровня в нижнем днище любого СПП.

Коренные причины нарушения (почему не было предотвращено)

Событие №1

- ❖ Ошибка оперативного персонала ЦТАИ (ДИ ЦТАИ) в следствие снижения внимания.
- ❖ Недостаточный контроль со стороны НС ЦТАИ за выполнением технологических операций с измерительными каналами ТЗиБ.
- ❖ Отсутствие в типовой программе «Восстановления работоспособности измерительных каналов УСБТ, АЗ-ПЗ, УСБИ э/б № 2НВАЭС-2» требований о поканальном вводе имитирующих значений.

Событие №2

- ❖ Недостаточный анализ персоналом специализированных организаций (АО «Атомэнергопроект» и АО «РАСУ») вносимых изменений в GET-проект.

Коренные причины нарушения (почему не было предотвращено)

Событие №3

- ❖ Недостатки проектного алгоритма срабатывания защиты на останов турбины по уровню в СС СПП в части отсутствия условия по повышению уровня в нижнем днище любого СПП.

Способствующий фактор: Отсутствие в разделе по эксплуатации системы сепарации и промперегрева инструкции требования по контролю уровня в верхней камере СС СПП.

Корректирующие меры

В части проектирования систем (элементов):

- ❖ Разработать и реализовать решение по корректировке времени передачи телеграмм, способных повлиять на устойчивую работу энергоблока.
- ❖ Разработать и реализовать решение по изменению алгоритма защиты по уровню в СПП по аналогии с алгоритмом, реализованном на оборудовании ЛАЭС-2.
- ❖ Разработать и реализовать решение по обеспечению промежуточной сигнализации при отклонении значения уровня в верхней камере СС СПП.

Корректирующие меры (продолжение)

В части выявления недостатков процедур:

- ❖ Внести изменения Типовую программу «Восстановления работоспособности измерительных каналов УСБТ, АЗ-ПЗ, УСБИ э/б № 2НВАЭС-2» в части требования по поканальному выводу ТЗиБ с проверкой введенных значений.
- ❖ Выполнить проверку эксплуатационной документации и рабочих программ, разработанных персоналом ЦТАИ, на предмет наличия требований по поканальному выводу ТЗиБ с проверкой введенных значений. По результатам проверки, при необходимости, разработать и ввести в действие график корректировки эксплуатационной документации и рабочих программ.
- ❖ Внести изменения в «Инструкцию по эксплуатации системы сепарации и промперегрева энергоблока №1, 2 НВАЭС-2» в части требований по контролю уровня в верхней камере СС СПП.

Корректирующие меры (продолжение)

В части персонала:

- ❖ Провести внеочередную проверку знаний оперативному персоналу (НС ЦТАИ, ДИ ЦТАИ, работавших на момент события) по ОПЭ АС, ДПИ.
- ❖ Провести занятие с НС ЦТАИ и ДИ ЦТАИ, допустившими неправильные действия, с акцентированием внимания на причинах ошибок персонала, по теме «Инструменты предотвращения ошибок персонала».



РОСЭНЕРГОАТОМ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ДИВИЗИОН РОСАТОМА

Спасибо за внимание!

www.rosenergoatom.ru