Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 74 (1983)

Heft: 1

Artikel: Informationsverdichtung und Datenreduktion in Kraftwerkswarten

Autor: Hug, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904736

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Informationsverdichtung und Datenreduktion in Kraftwerkswarten

R. Hug

Die in modernen Kraftwerkswarten zur Verfügung stehenden Informationen haben ganz wesentlich zugenommen. Insbesondere bei Störungen ergibt sich das Problem eines Meldeschwalles. Dieses Problem wird analysiert, und grundsätzliche Möglichkeiten zu dessen Beherrschung durch Informationsverdichtung und Datenreduktion werden aufgezeigt. Insbesondere wird auf praktische Realisierungen mittels Rechner in den Grundzügen eingegangen.

Les informations disponibles dans les salles de commande de centrales électriques modernes se sont multipliées. Surtout lors de perturbations, les informations parviennent en quantité. Ce problème est analysé et l'on montre des possibilités de le surmonter en condensant les informations et en réduisant les données. L'auteur indique les principes de réalisations en pratique au moyen de calculateurs.

Adresse des Autors
R. Hug, dipl. Ing. ETH, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.

1. Problemstellung

Die in modernen Warten zur Verfügung stehenden Informationen haben insbesondere bei Kernkraftwerken einen derartigen Umfang angenommen, dass deren optimale Verarbeitung durch die Betriebsmannschaft nicht mehr bei allen Betriebsbedingungen gewährleistet ist.

1.1 Bestimmungsgemässer Betrieb

Ein grosser Teil der in der Warte vorhandenen Meldungen werden im sog. bestimmungsgemässen Betrieb benötigt für

- zentrale Steuerung und Überwachung des richtigen Ablaufes der automatischen Funktionen der Gesamtanlage sowie der einzelnen Systeme beim Anfahren, im Leistungsbetrieb und beim Abfahren.
- rasche und zuverlässige Diagnose bei kleineren Störungen.

Bei kleineren Störungen bleiben die erscheinenden Meldungen noch gut überblickbar. Dadurch können von der Warte aus die entsprechenden Massnahmen (Um- oder Abschaltungen usw.) in den gestörten Systemabschnitten vorgenommen werden. Bei zweckmässiger Wartenauslegung verfügt der Operateur grundsätzlich über die notwendigen Meldungen zur Einleitung der erforderlichen Aktionen, ohne dabei überfordert zu sein.

1.2 Meldeschwall bei umfangreichen Störfällen

In Kernkraftwerken sind bei umfangreichen Störfällen, welche eine Reaktorschnellabschaltung sowie den Einsatz der Sicherheitssysteme erfordern, die in kurzer Zeit auftretenden Meldungen sehr beträchtlich (Meldeschwall). Aufgrund von Erfahrungswerten ist von einer Anzahl von bis zu etwa 1500 Meldungen innert 10 min, wovon etwa 1000 Meldungen in den ersten 2 min, auszugehen, welche auf der konventionellen Meldeanlage und der Prozessrechner-Meldeanlage eintreffen. Die Vielzahl von Meldungen kann durch das Betriebspersonal nicht unmittelbar verarbeitet werden. Dieses muss sich darauf konzentrieren, die wichtigsten Anlageparameter sowie die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen zu überwachen.

Im folgenden soll nun anhand von konkreten Realisierungen auf praktische Lösungen zur Beherrschung des Meldeschwalles mittels Informationsverdichtung und Datenreduktion in den Grundzügen eingegangen werden.

2. Zusätzliche Meldeanlage beim Kernkraftwerk Philippsburg 2

Für das sich gegenwärtig im Bau befindliche Kernkraftwerk Philippsburg 2 (KKP 2) ist geplant, insbesondere zur besseren Beherrschung des Meldeschwalles der über die Rechnermeldeanlage ausgegebenen Meldungen eine zusätzliche Meldeanlage (ZMA) vorzusehen (Fig. 1). Die konventionelle Meldeanlage ist davon nicht betroffen. Zur Meldungsanalyse wird das erweiterte Meldekonzept der Kraftwerk Union (KWU) eingesetzt.

2.1 Statisches Filterverfahren

Bereits das der Prozessrechneranlage (Überwachungsrechner) zugrunde liegende Störungsmeldekonzept wirkt dem Meldeschwall durch die Berücksichtigung von Prioritäten sowie durch die Aufteilung der Meldungen nach Meldebereichen entgegen. Priorität 1 (P1) besitzen diejenigen Meldungen, nach deren Erscheinen ein schneller Eingriff erforderlich ist. Priorität 2 (P2) wird denjenigen Meldungen zugewiesen, die erst längerfristig einen Eingriff bedingen. Zusätzlich werden die Meldungen entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu verfahrenstechnischen Funktionseinheiten auch örtlich auf mehrere Meldebereiche aufgeteilt.

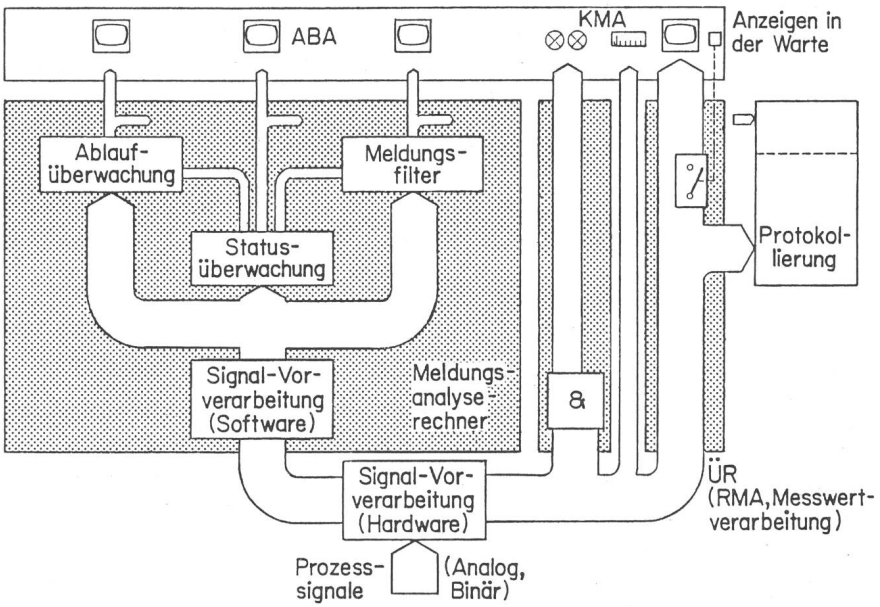

Fig. 1 Erweitertes Meldekonzept der KWU für KKP 2: Signalfluss und Einbindung in vorhandene Überwachungseinrichtungen

ABA: Anlagenbildanzeige
KMA: Konventionelle Meldeanlage
UeR: Überwachungsrechner
RMA: Rechnermeldeanlage

Die zusätzliche Meldeanlage ZMA umfasst den Meldungsanalyserechner und für KKP 2 auch die ABA

Während im bestimmungsgemässen Betrieb bei kleinen Störungen die Meldungen mit Priorität P1 und P2 angezeigt werden, werden beim Meldeschwall die Meldungen der Priorität P2 unterdrückt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese Unterteilung zur Beherrschung des Meldeschwalls bei umfangreichen Störungen ungenügend ist, wenn vorwiegend nach der Rechnermeldeanlage gefahren werden soll. Auch nach einer Sperrung der P2-Meldungen kann noch eine sehr grosse Anzahl von P1-Meldungen verbleiben, von denen viele bei der jeweiligen Störungskonfiguration jedoch keinen Eingriff erfordern. Das statische Filterverfahren erweist sich demnach als zu grobmaschig, so dass das Betriebspersonal sich in diesem Fall voll auf die konventionelle Meldeanlage abstützt. Die konventionelle Meldeanlage wird grundsätzlich mitgefahren und bedient und bietet in diesen Fällen durch ihre örtliche Aufteilung die bessere Gewichtung der Meldungen («Welches System ist betroffen?»).

2.2 Dynamisches Filterverfahren

Wenn auch bei umfangreichen Störungen hauptsächlich mit der Rechnermeldeanlage gefahren werden soll, ist eine weitergehende, dynamische Reduzierung der Information auf den Sichtgeräten notwendig. Um dies zu erreichen, können die Meldungen in Abhängigkeit vom jeweiligen Anlagenzustand sowie den Störungsereignissen selbst gesperrt werden. Ein derartiges dynamisches Filterverfahren findet bei der zusätzlichen Meldeanlage des Kernkraftwerkes Philippsburg 2 Anwendung. Bei Meldeschwall wird eine Datenreduktion mittels zweier verschiedener Methoden erreicht (Meldungsanalyserechner):

- Unterdrückung von Folgemeldungen (Meldungen, die nach einem bereits gemeldeten Ereignis über verfahrenstechnische Zusammenhänge zwangsläufig erscheinen);
- Unterdrückung von nicht relevanten Meldungen (Meldungen aus Anlageteilen, die bei einem gegebenen Anlagenzustand für die weiteren Aktionen nicht zur Verfügung stehen oder nicht benötigt werden).

2.3 Erweitertes Meldekonzept

Das erweiterte Meldekonzept, das für KKP 2 eingesetzt wird, umfasst die folgenden Massnahmen insbesondere auch zur Beherrschung des Meldeschwalles (Fig. 1):

- Ablaufüberwachung
- Meldungsanalyse
- Statusüberwachung
- Anlagenbildanzeige

Aufgabe und Auslegung der konventionellen Meldeanlage sowie der Prozessrechner-Meldeanlage werden durch diese Massnahmen grundsätzlich nicht berührt.

Ablaufüberwachung

Das bisherige Verfahren der Überwachung von automatischen Funktionen durch das Bedienungspersonal, insbesondere des folgerichtigen Ablaufs dieser Funktionen bei Grossstörungen, setzt die Anzeige aller Automatik- und Schutzabschaltungen voraus. Durch automatischen Vergleich von Ist-Verhalten und Soll-Verhalten wichtiger Komponenten bei Grossstörungen wird deren Funktion durch den Analyserechner überwacht. Dadurch kann der Operateur von den Meldungen, die zur Ablaufkontrolle erforderlich sind, entlastet werden. Die Ablaufüberwachung bezweckt insbesondere eine Unterstützung des Operateurs, wenn bei Störungen kurzfristig noch Eingriffe möglich sind.

Statusüberwachung

Die Statusüberwachung hat die Aufgabe, zusammenfassende Aussagen über die Funktionsfähigkeit der Funktionseinheiten des Gesamtkraftwerkes (Block, Funktionsbereich, Funktionsgruppe, Untergruppe, Komponente) zu vermitteln und bildet den Schwerpunkt des erweiterten Melde- und Anzeigekonzeptes der KWU. Die resultierenden Statussignale sind insbesondere erforderlich für

- die Ablaufüberwachung zur Bestimmung der notwendigen automatischen Funktionen;
- die Meldungsanalyse zur Bildung der dynamischen Meldungssperrkriterien und als wichtige Basisinformation für die
- Anlagenbildanzeige zwecks zusammenfassender Darstellung des Anlagenzustandes mittels Übersichtsbildern auf Grafiksichtgeräten.

Die Statusüberwachung kombiniert binäre und analoge Signale zur Statusbestimmung der Anlage und der einzelnen Funktionseinheiten. Analoge Grössen werden, falls erforderlich, auf die Einhaltung von Kennlinien überwacht.

Anlagenbildanzeige

Die Anlagenbildanzeige ist als Ergänzung der ZMA ein weiteres Hilfsmittel für das Wartenpersonal, sich in jeder Situation die optimale Anlageninformationen zu beschaffen. Sie stellt Informationen aus dem Prozess und vor allem aus der Statusüberwachung dar.

3. Alarmanalysesystem des Kernkraftwerkes Heysham

Das durch die National Nuclear Corporation (NNC), GB, gebaute Kraftwerk Heysham befindet sich kurz vor Abschluss der Inbetriebsetzung. Es verfügt über ein Alarmanalysesystem mit vergleichbarer Aufgabenstellung wie die zusätzliche Meldeanlage für das Kernkraftwerk Philippsburg 2. Das Konzept dieses Alarmanalysesystems basiert ebenfalls auf einem dynamischen Filterverfahren zwecks Datenreduktion. Die in wesentlichen Teilen unterschiedliche Realisierungsmethode wird im folgenden dargelegt.

3.1 Konzept des Alarmanalysesystems

Die Datenausgabe des Alarmanalysesystems erfolgt über zwei Bildschirme, von denen der eine alle Alarme anzeigt, der andere hingegen nur jene Alarme wiedergibt, die Hauptursachen einer Störungssituation darstellen. Auf dem Hauptursachen-Bildschirm werden Folgealarme grundsätzlich nicht angezeigt.

Alarm-Baum-Methode

Die entsprechende Datenreduktion erfolgt auf der Basis von Alarm-Bäumen. Diese werden durch Analyse einfacher kausaler Zusammenhänge innerhalb kleiner, zusammenhängender Gruppen von Alarmen bestimmt. Die im Alarm-Baum dargestellten Zusammenhänge der verschiedenen Alarme untereinander behalten ihre Gültigkeit unabhängig davon, wie das auslösende Ereignis und der Verlauf des Störfalles ist. Zur Erläuterung der angewendeten Datenreduktionsmethode zeigt Figur 2 einen stark vereinfachten Alarm-Baum für das Ölsystem einer Speisewasserpumpe.

Die Alarme sind als Rechtecke dargestellt, welche durch gerichtete Linien

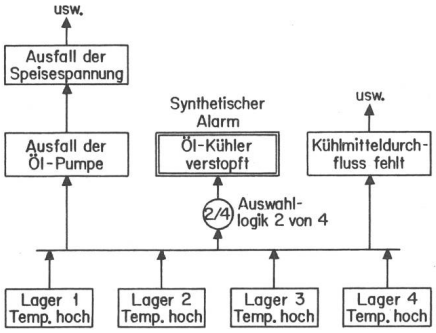

Fig. 2 Vereinfachter Alarm-Baum für Ölsystem der Speisewasserpumpe

untereinander verküpft sind. Die Pfeile deuten an, dass es sich bei diesen Verknüpfungen um sog. Einweg-Kausalverbindungen handelt; sie weisen immer in Richtung von möglichen übergeordneten Ursachen.

Läuft beispielsweise ein einzelnes Lager heiss, so wird ein entsprechender Alarm gegeben. Wenn jedoch entweder die Ölpumpe ausfällt oder kein Kühlwasserdurchfluss vorhanden ist, so wird der entsprechende zutreffende Alarm als Ursache angezeigt, und nicht die sich daraus ergebende hohe Lagertemperatur (Folge). Ist der Ausfall der Ölpumpe jedoch auf Stromausfall zurückzuführen, so wird dieser Alarm als Ursache auf dem Haptursachen-Bildschirm erscheinen, und nicht die von diesem abhängigen Folgealarme.

Aus dem Aufbau der Alarm-Bäume geht hervor, dass grundsätzlich jeder Alarm als Hauptursache erscheinen kann. Alarme werden dann als Folgealarme unterdrückt, wenn ein Alarm ansteht, der im zugehörigen Alarm-Baum unmittelbar darüber angeordnet ist. Dieser übergeordnete Alarm erscheint als Hauptursache auf dem Hauptursachen-Bildschirm.

Zusatzfunktionen

Zur Unterstützung des Betriebspersonals bei Störungen werden die Meldungen der Hauptursachen ergänzt durch Angaben betreffend Korrekturmassnahmen und genaue Hinweise auf die einschlägigen Abschnitte des Betriebshandbuches.

In Ausnahmefällen kann es vorteilhaft erscheinen, einzelne besonders wichtige Alarme stets auch auf dem Hauptursachen-Bildschirm anzuzeigen, selbst wenn sie aufgrund einer gegebenen Störfallkonfiguration Folgealarme darstellen.

Gewisse Alarmkombinationen können sich ferner als charakteristisch für bestimmte Störungsursachen erweisen, die jedoch nicht unmittelbar erfasst werden. In diesem Fall kann ein *synthetischer Alarm* gebildet werden. Am einfachen Fehlerbaum von Figur 2 erläutert, deutet das Auftreten von mehr als einer hohen Lagertemperatur ohne gleichzeitigen Ausfall der Ölpumpe oder Fehlen des Kühlmittelflusses auf einen verschmutzten Ölkühler hin. Eine synthetisch gebildete Alarmmeldung kann auf diesen Sachverhalt hinweisen.

Bei bestimmten komplexen Störungen, die eine sehr grosse Anzahl von Alarmen verursachen, z. B. bei einer Turbinen- oder Reaktorschnellabschaltung, ist es für das Betriebspersonal von besonderem Interesse zu wissen, ob die entsprechenden automatischen Gegenmassnahmen wie vorgesehen verlaufen bzw. keine weiteren Störungen auftreten. Das Alarmanalysesystem erleichtert dies, da die meisten auftretenden Alarme als Folgealarme nicht auf dem Hauptursachen-Bildschirm erscheinen, sondern nur eine begrenzte Anzahl von Hauptursachen. Ein Alarm, der einer zusätzlichen, von der Hauptstörung unabhängigen Störung entspricht, wird auf dem Hauptursachen-Bildschirm gemeldet. Dank der stark reduzierten Anzahl der Alarme ist es für den Operateur wesentlich einfacher, Abweichungen vom erwarteten Störfallverlauf zu erkennen.

3.2 Realisierung

Das Alarmsystem des Kernkraftwerkes Heysham ist in die Prozessrechneranlage integriert. Es besteht jedoch die Möglichkeit, das Alarmanalysesystem eines Kernkraftwerkes getrennt von der Prozessrechneranlage zu betreiben, im Sinne eines zusätzlichen Alarmanalysesystems. Die Implementierung eines solchen Systems in ein Kraftwerk bedeutet hardwaremässig im wesentlichen den Zusatz eines Minikomputers mit den entsprechenden peripheren Geräten. Die Alarmsignale können in diesem Falle grundsätzlich von der Prozessrechneranlage des Kraftwerkes mittels schnellem Datentransfer übernommen werden.

4. Schlussbemerkung

Die Erfahrung mit dem Alarmanalysesystem des Kernkraftwerkes Heysham zeigt, dass je nach Art des Störfalles eine Datenreduktion im Verhältnis von bis zu 1:100 erreicht werden kann. Dadurch resultiert eine beträchtliche Entlastung des Betriebspersonals insbesondere bei Meldeschwall. Ermöglicht wird dieser relativ hohe Grad der Datenreduktion dank Anwendung des Prinzips der dynamischen Filterung, das sowohl für das Kernkraftwerk Heysham als auch für das Kernkraftwerk Philippsburg 2 Anwendung findet.