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: Einsatz von Mikroprozessoren in der modernen Kraftwerksleittechnik

Autor: Salm, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904735

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: 09.07.2025

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

SEV-Tagung: Leittechnik im Kraftwerksbetrieb

Journée ASE: La technique de contrôle-commande des usines de production d'énergie

Einsatz von Mikroprozessoren in der modernen Kraftwerksleittechnik

M. Salm

Die Aufsätze, Seite 2–26, entsprechen den Vorträgen der SEV-Informationstagung vom 2.11.1982 in Zürich. – Les articles, pages 2–26, correspondent aux conférences données à la Journée d'information ASE du 2.11.1982 à Zurich.

Die Anforderungen an die Leittechnik, insbesondere der thermischen Kraftwerke, rufen nach grundsätzlichen Überlegungen über die Strukturen von Mikroprozessorsystemen. Aufgaben im oberen Teil der Kraftwerkshierarchie, verbunden mit grossen Datenmengen und eher führender als ausführender Tätigkeit, werden wie bisher den zentralen Rechnern vorbehalten bleiben. Der untere Teil der Hierarchie, mit kleiner Datenmenge, aber vielen unabhängigen Teilprozessen, der bisher von den konventionellen Binär- und Analoggeräten beherrscht war, wird wohl sehr rasch den Mikroprozessoren überlassen werden. Es werden Lösungen vorgestellt, die die hohen Anforderungen zum Schutze von Menschenleben, der Umwelt und von grossen Investitionswerten mit hoher Verfügbarkeit sicherstellen.

En raison des exigences de la technique de contrôle-commande, notamment pour centrales thermiques, il importe de considérer les structures fondamentales de systèmes à microprocesseurs. Les tâches hiérarchiques supérieures de l'exploitation, qui requièrent de grandes quantités d'informations et consistent plutôt en conduite qu'en exécution, demeurent réservées aux calculateurs centraux. Quant aux tâches moins élevées, avec petites quantités de données, mais grand nombre de processus partiels indépendants, et qui étaient jusqu'ici assumées par des appareils binaires ou analogiques classiques, elles le sont maintenant de plus en plus par des microprocesseurs. L'auteur indique des solutions qui satisfont aux grandes exigences posées par la protection des personnes, de l'environnement et des importants investissements.

Adresse des Autors
M. Salm, dipl. Ing. ETHZ, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie, Abt. ID-SE, 5401 Baden.

1. Mikroprozessor und Kraftwerksbetrieb

Kein Kraftwerksbetreiber wird bereit sein, die vielfach bewährte Dezentralität und den hierarchischen Aufbau der Kraftwerksleittechnik über Bord zu werfen. Mit einigen Beispielen soll gezeigt werden, welche Leittechnik-Strukturen mit Mikroprozessoren möglich sind und wieweit solche Mikroprozessorsysteme die Prinzipien der Hierarchie und der Dezentralität erfüllen können.

Figur 1 zeigt, wie einzelne Aufgaben aus der Leittechnik-Hierarchie heraus von isolierten Mikroprozessor-Stationen übernommen werden können. Die Lösung ist besonders dann wirtschaftlich interessant, wenn verarbeitungsintensive Aufgaben gestellt sind, so z. B. bei Blockleitgeräten, Brennersteuerungen usw. Für Aufgaben mit einer relativ grossen Zahl von Ein- und Ausgabesignalen und relativ wenig Verarbeitung kann die Mikroprozessorstation jedoch teurer sein als die festverdrahtete konventionelle Elektronik.

Verschiedene solcher isolierter Mikroprozessorstationen sind bereits in thermischen Kraftwerken im Betrieb. Figur 2 zeigt eine solche Station; für die gleiche Aufgabenstellung benötigt ein konventionelles Steuersystem ein Mehrfaches an Raum.

In Figur 3 ist die Möglichkeit dargestellt, sämtliche Funktionen eines Teilprozesses in einer Mikroprozessorstation zu verarbeiten. Diese Lösung, die wirtschaftlich günstig ist, bringt aber einen weitgehenden Verlust an Dezentralität. Ein Einzelfehler kann den ganzen Teilprozess unsteuerbar machen. Der an sich mögliche Einsatz eines Doppelrechners löst dieses Problem nicht vollständig, da auch Einfachfehler in den Ein- und Ausgabegeräten den ganzen Teilprozess beeinflussen können.

Immerhin gibt es auch im Kraftwerk einzelne Anwendungsmöglichkeiten für diese Struktur, z. B. bei der Wasseraufbereitung und den Rauchgasreinigungsanlagen. Diese Prozesse haben vorwiegend eine Linienstruktur, d. h. wenn ein Antrieb ausfällt, nützen auch alle anderen nichts mehr; zudem sind gelegentliche Betriebsunterbrüche zulässig.

Je höher hinauf die Aufgabenstellung in der Leittechnik-Hierarchie reicht, um so wahrscheinlicher wird es, dass Signale mehrerer Teilsysteme zu verdichteten Informationen für die Warte aufbereitet werden müssen. Es wird deshalb interessant, ein Datentransportsystem zwischen den einzelnen Mikroprozessorstationen einzuführen. Eine solche Struktur ist in Figur 4 dargestellt. In diesem Konzept

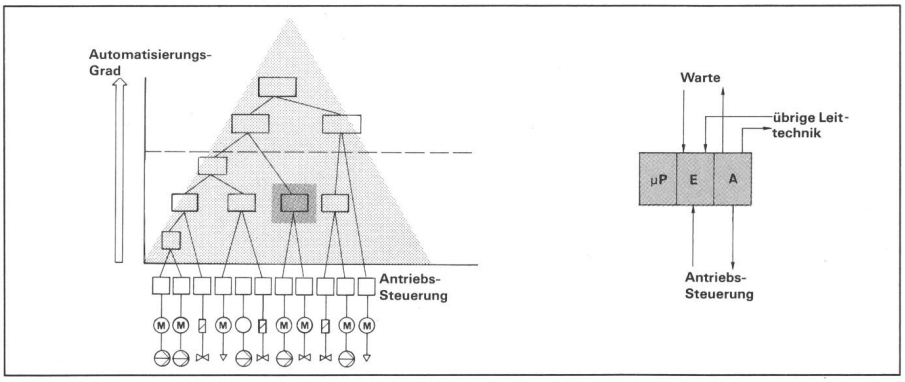

Fig. 1 Einbettung einer isolierten Mikroprozessorstation in die Leittechnik-Hierarchie
Links: Übersicht der Hierarchie
Rechts: Verbindungsschema der Mikroprozessorstation

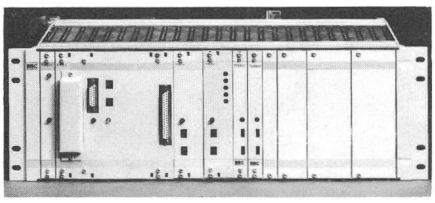

Fig. 2 Station mit Mikrorechner und mehreren Ein/Ausgabegeräten

sind die Teilprozesse nach wie vor autark, aber sie können gewisse Informationen austauschen, und sie können ihre Informationen über den Datenbus in die Warte oder in das zentrale Informationssystem abgeben. Da keine Regelkreise über den Datenbus geschlossen werden, kann dieser relativ langsam sein.

Die meisten Mikroprozessorsysteme, die heute am Markt sind, beruhen auf diesem Konzept. Sie sind wirtschaftlicher als solche gemäss Figur 3, weisen aber den gleichen Mangel an Dezentralität auf und sind somit für die Mehrzahl der Kraftwerksaufgaben schlecht geeignet.

2. Strukturgerechter Einsatz

Eine typische Eigenschaft thermischer Kraftwerke sind die häufig auftretenden echt redundanten oder quasi-redundanten Anlageteile. Sodann sind auch zwei- oder mehrkanalige Schutzaufgaben zu lösen. Um solchen Aufgaben gerecht zu werden, ist auch die Leittechnik entsprechend zu strukturieren, wobei sehr oft eine nur funktionelle Trennung der Kanäle nicht ausreicht; es wird auch eine räumliche Separation verlangt, um Brand oder Sabotage als Fehlerkriterien einzuschliessen.

Die Darstellung in Figur 5 zeigt das Prinzip der Strukturierung eines Leitsystemes, wie es für Steuerung, Regelung und Automatisierung der Hauptprozesse im thermischen Kraftwerk zur Anwendung kommt. Diese Struktur bringt die gewünschte Dezentralität sowohl in funktioneller als auch in räumlicher Hinsicht und die Möglichkeit, zweikanalige Schutzsysteme zu verwirklichen. Durch Verwendung weiterer unabhängiger Fernbus-Verbindungen können auch mehrkanalige Schutzsysteme verwirklicht werden.

Die im Maschinenhaus aufgestellten Ein- und Ausgabestationen dienen primär der Messwertaufbereitung und der direkten Ansteuerung von Magnetventilen. Redundante Geber und

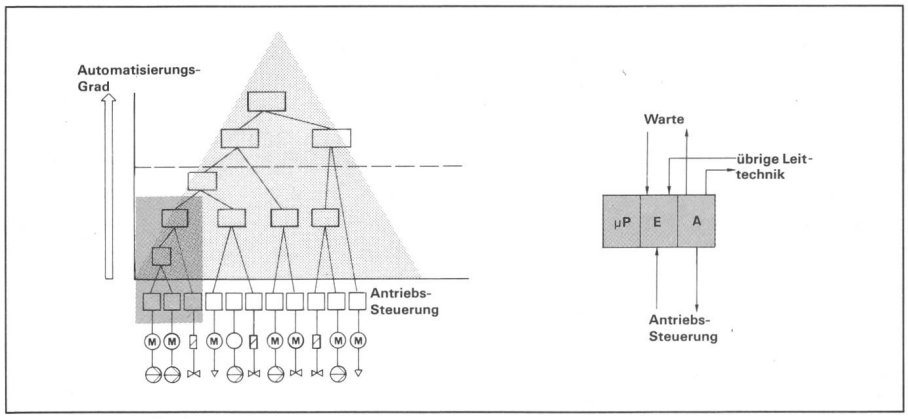

Fig. 3 Mikroprozessorstation für einen Teilprozess
Links: Übersicht der Hierarchie
Rechts: Verbindungsschema der Mikroprozessorstation

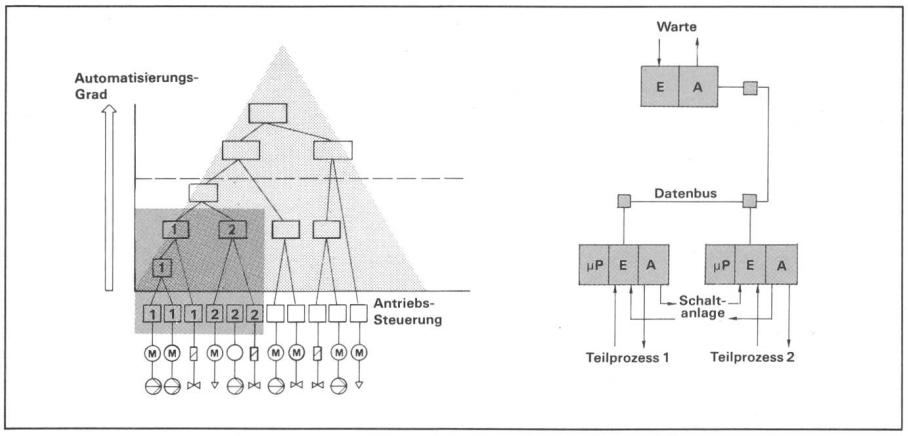

Fig. 4 Verbindung mehrerer Mikroprozessorstationen mittels eines Datenbusses

redundante Magnetventile werden den beiden redundanten Fernbussystemen I und II zugeordnet. Nur einfach vorhandene Geber werden nach dem Gesichtspunkt gleichmässiger Signalverteilung den zwei Systemen zugeteilt.

Die Geräte in den Stationen der Schaltanlage enthalten bereits mehr Intelligenz. Diese kleinen Mikroprozessoren können verknüpfte Schutz- und Verriegelungsfunktionen selbständig verarbeiten und geben Stellbefehle an die elektrische Schaltanlage. Jedem Antrieb ist ein separates Gerät zugeordnet, so dass ein Gerätefehler immer nur einen Antrieb stört. Auch hier sind redundante Antriebe den redundanten Leittechniksystemen zugeordnet und nichtredundante Antriebe gleichmässig auf beide Systeme verteilt. Eine Störung, die zum Ausfall einer ganzen Antriebssteuer-Station führt, kann nie zum Ausfall des zweiten, redundanten Antriebes führen. Schutzsignale können der Antriebssteuerung entweder über den Fernbus

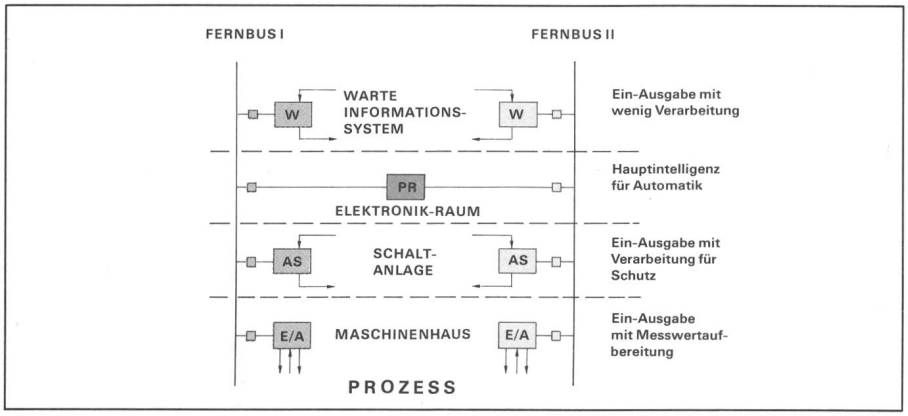

Fig. 5 Leittechnikstruktur mit Fernbus und Mikroprozessoren für anspruchsvolle Kraftwerksprozesse

oder durch direkten Anschluss der Geber an die Station übermittelt werden.

Übergeordnete Steuerungen und Regelungen müssen nach Definition auf beide Redundanten wirken können. Diejenige Mikroprozessor-Station, die solche Funktionen ausführt, muss deshalb an beide Fernbussysteme gekoppelt sein. Weitere in der Warte angeordnete Stationen besorgen mit ihren Ein- und Ausgabegeräten die Einkopplung von manuellen Befehlen und treiben anderseits die Lampen, Anzeige- und Registriergeräte der Warte. Beide Fernbusse werden natürlich auch an den zentralen Informationsrechner angeschlossen, der damit Zugriff zu allen Daten hat.

Die Hauptmerkmale dieser Struktur sind:
- echt verteilte Intelligenz (funktionell und räumlich),
- weitgehende Fehlertoleranz (Schutz gewährleistet, auch wenn Automatik oder Handsteuerung versagen usw.),
- Redundanzen auch in der Leittechnik völlig unabhängig voneinander, ohne Verdoppelung von Geräten,
- Einsparung einer grossen Zahl von Signalkabeln.

Bei dieser Lösung werden Regelkreise zum Teil über den Fernbus geschlossen. Es ergeben sich deshalb zusätzliche Forderungen an die Datenübertragung auf dem Fernbus:
- Sie muss schnell sein, da sonst zu grosse Totzeiten entstehen.
- Sie muss rein zyklisch erfolgen, denn bei Ereignisbetrieb ist die Zykluszeit nicht berechenbar, da sie vom Spektrum der Ereignisse abhängt, das in einem komplexen Kraftwerk nicht voraussagbar ist.

Eine Analyse der Kraftwerk-Regelkreise, die zum Teil gleichzeitig rasch sein müssen und sehr komplex sind, also aus mehreren P-, PI- und PID-Reglern mit dazwischengeschalteten Rechenschritten bestehen, zeigt, dass die handelsüblichen Mikrorechner zu langsam sind. Für das beschriebene System kommen deshalb spezielle Mikrorechner zur Anwendung, deren Rechengeschwindigkeit um etwa eine Grössenordnung höher liegt als die der handelsüblichen Typen.

3. Zusammenfassung

Die Anwendung von Mikroprozessoren in der Kraftwerkleittechnik bringt folgende Vorteile:
- Reduktion der Anzahl der Gerätetypen,
- komplexe Regel- und Steueraufgaben lassen sich wirtschaftlich lösen.

Wenn die Mikroprozessoren im Sinne von Figur 5 mit Fernbussystemen verbunden werden, kommen folgende Vorteile dazu:
- Verminderung der Aufwendungen für Kabel, Kabelplanung und Kabelmontage,
- Wegfall von Rangierverteilern,
- Reduktion der brennbaren Masse (Kabelisolation),
- erhöhte Flexibilität bei Planung, Inbetriebnahme und bei Änderungen im allgemeinen,
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit durch schnellere Störanalyse,
- Erhöhung der Betriebssicherheit der Anlage durch die Selbstüberwachung der Signalübertragung auf dem Fernbus.

Es seien aber auch die Nachteile dieser neuen Technik erwähnt. Diese wiegen nicht sehr schwer:

- Vorort-Elektronik: Da ein Teil der Elektronik den rauhen Umweltbedingungen des Maschinenhauses ausgesetzt ist, wird eine höhere Ausfallrate erwartet. Durch eine sorgfältige Anordnungsplanung kann diese Gefahr jedoch gebannt werden. Auf jeden Fall zeigen die seit Mai 1979 eingesetzten Systeme mit Vororts-Elektronik bis heute noch keine erhöhten Ausfallzahlen.

- Serielle Verarbeitung: Dadurch entstehen neue Arbeitsgänge bei der Projektierung, indem die korrekte Sequenz von Befehls- und Rechenschritten überlegt werden muss. Dies bedarf einer gewissen Einarbeitungszeit für den Neuling, bietet aber keine Schwierigkeiten. Dieses Problem wird mit den kommenden schnelleren Systemen noch entschärft werden.

- Geräte-Komplexität: Die Detailfunktionen der neuen Geräte lassen sich nicht mehr so leicht verstehen wie eine Relais-Steuerung oder ein Analogregler. Durch die ausgefeilten Diagnosemöglichkeiten ist es jedoch gar nicht mehr nötig, die Detailfunktionen zu verstehen. Die Hilfsgeräte erlauben das Feststellen und Lokalisieren eines Fehlers in viel kürzerer Zeit, als dies bei der konventionellen Steuer- und Regeltechnik möglich war.

Die nächste Generation von Mikroprozessorsystemen für das Kraftwerk wird wohl kaum eine weitere Verbesserung der Regelgüte mehr bringen können. Aber es werden neue Möglichkeiten erwartet, um die Projektierung nochmals um einen wesentlichen Faktor zu vereinfachen, dies vor allem durch die sog. selbstkonfigurierenden Prozessoren.