Intelligenter NS-Hauptverteiler - Teil 4: Ein geeigneter Verteiler-Bus

Die im Kapitel 3 behandelten Beispiele zeigen, dass die auf Stufe eines intelligenten NSHV verwalteten Funktionen mehr oder weniger auf verschiedene Verarbeitungseinheiten aufgeteilt werden können.

Schlussfolgerungen in Bezug auf die Dezentralisierung der Verarbeitung in einem NS-Verteiler

- Gewisse Funktionen werden von der Verteiler- Zentrale übernommen, wenn
- die Verarbeitungen komplex sind und von einem normalen autonomen Modul nicht ausgeführt werden können (Beispiel: Steuerung der Stromversorgungsquellen bei mehreren Einspeisungen),
- sie eine mit anderen Funktionen gemeinsame Verarbeitung erfordern (Beispiel: Eine Speisungsumschaltung kann durch den Ausfall des normalen Netzes oder durch einen Befehl im Zusammenhang mit dem Management eines Stromlieferungsvertrages mit Wegfall bei Spitzenlast verursacht werden),
- sie mit anderen Betriebsmitteln koordiniert werden müssen, zum Beispiel wenn die Steuerung der Ersatzstromquellen auf der MS-Seite erfolgt.

- Gewisse autonome Funktionen können von dedizierten und für diese Funktion optimierten Geräten erfüllt werden (Beispiele: Blindleistungsregler oder Speisungsumschalter). Wenn diese autonomen Geräte in einen intelligenten Verteiler eingebaut werden können, können sie auch über einen Bus mit der Verteiler-Zentrale verbunden werden. Diese steuert zusätzliche Funktionen bei, wie zum Beispiel:
    - Parametrisierung dieser Geräte durch eine benutzerfreundlichere, allen im Verteiler verarbeiteten Funktionen gemeinsame Oberfläche,
    - minimales Management bei reduzierten Betriebsarten,
    - Berücksichtigung bei den Funktionen der vorbeugenden Wartung und Instandsetzung. Die im vorliegenden Dokument genannten Funktionen können innerhalb der Architektur wie in der Abbildung 13 gezeigt aufgeteilt werden.

Die Verteiler-Zentrale hat die Aufgabe:

- die auf Stufe des Verteilers vorhandenen globalen und voneinander abhängigen Funktionen zu behandeln,
- die von den übergeordneten Modulen verwalteten Funktion zu koordinieren,
- sich zu öffnen und in ein übergeordnetes Leitsystem zu integrieren,
- mit einem Terminal für den Elektriker, der für die Ausführungs- und Wartungsarbeiten verantwortlich ist, zu kommunizieren. Dieses Terminal wird während dieser Arbeiten lokal vor dem Verteiler angeschlossen. Es ist kein Ersatz für die zentrale Leitstelle, von der aus der Anwender seine Anlage steuert.

- Gewisse Module haben die Aufgabe, autonome Funktionen zu erfüllen (Blindleistungsregelung, Isolationsüberwachung usw.).
- Andere Module sind damit betraut, einen Abgang oder eine Einspeisung zu steuern. Diese Modularität gestattet
    - die Steuerung und Überwachung in den Begriff der genormten und geprüften Funktionseinheit zu integrieren,
    - die Verbindungstechnik zwischen den Modulen und den Geräten zu normieren und somit die Gefahr von Ausfällen zu reduzieren, die ihre Ursache an den Anschlüssen haben,

    - bei einer Störung oder beim Ausbau der Anlage an einem Abgang arbeiten vorzunehmen, ohne andere Teile des Verteilers abzuschalten. Die Verbindung zwischen diesen Modulen und der Verteiler-Zentrale erfolgt über einen digitalen Bus. Ein Bus hat bekanntlich zahlreiche Vorteile:
- Wesentliche Reduktion der Verdrahtung mit kleinquerschnittigen Drähten im Verteiler und damit der Verdrahtungskosten und des von der Verdrahtung eingenommenen Platzes.
- Reduktion der Gefahr von latenten Unterbrechungen infolge von defekten Anschlüssen.
- Reduktion der Projektierungs- und Verdrahtungszeit beim Schalttafelbauer.
- Bessere Ausbaubarkeit der Anlage, wie zum Beispiel Hinzufügung von Abgängen oder Funktionen zu einer bestehenden Anlage. Das folgende Kapitel beschreibt die Bus- Systeme, die sich für den elektrischen Prozess am besten eignen.

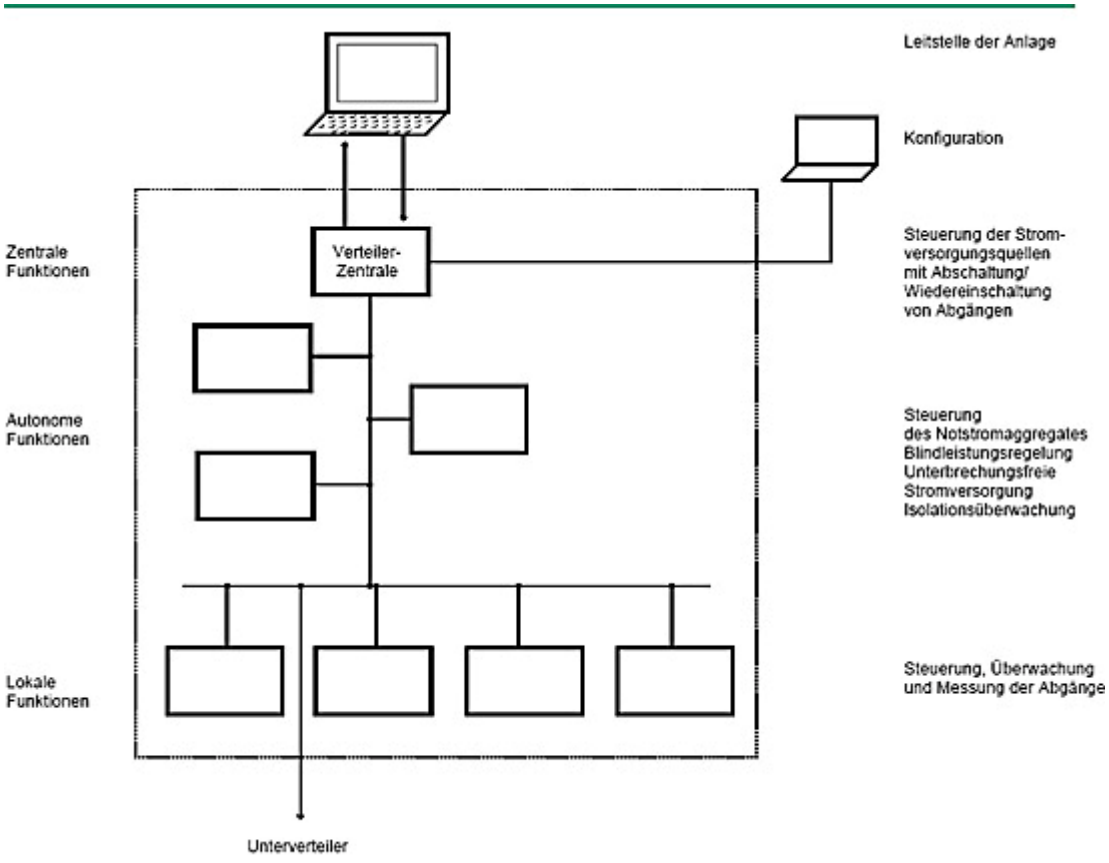

Abb. 13: Aufteilung der Funktionen innerhalb der Architektur eines Verteilers.

Für den elektrischen Prozess geeigneter Verteiler-Bus
Bei der Auswahl eines geeigneten Feldnetzwerks müssen unbedingt die mit dem elektrischen Prozess verbundenen Randbedingungen gut bekannt sein, insbesondere Informationsfluss, Reaktionszeit, Umgebung usw.

Eigenschaften des elektrischen Prozesses

- Ein naturgemäß stabiler und kontinuierlicher Prozess. Eine elektrische Anlage hat die Aufgabe, elektrische Energie an alle Verbraucher zu verteilen. Das Ziel eines NSHV besteht somit darin, die Abgänge ständig eingeschaltet zu halten. Das Öffnen eines Schaltgerätes kann mit den folgenden Ereignissen verbunden sein:
    - Ansprechen einer Schutzeinrichtung infolge eines elektrischen Fehlers.

Quelle: www.voltimum.de

- Verlangen eines Anwenders, einen Stromkreis abzutrennen (um daran Arbeiten durchzuführen, um nach Arbeitsschluss die Beleuchtung eines Stockwerks abzuschalten usw.).
- Ansprechen eines Automatismus für die Abschaltung der Abgänge ohne Priorität, zum Beispiel infolge des Ausfalls einer normalen Stromversorgungsquelle.

Die Zustandsänderung eines Gerätes hat somit Ausnahmecharakter. Ein elektrischer Verteiler befindet sich dauernd in einem naturgemäß stabilen Zustand. Zudem ist zu bemerken, dass Leistungsschalter von Natur aus bistabil sind ...

- Situationen, die Informationslawinen auslösen. Demgegenüber können gewisse Situationen innerhalb von sehr kurzer Zeit eine Informationslawine auslösen. So öffnen sich zum Beispiel beim Ausfall der Stromversorgungsquelle des Verteilers alle monostabilen Schaltgeräte, wie zum Beispiel die Schütze, gleichzeitig, während die Automatismen für Umschaltung Normal/Notstrom und Abschaltung/Wiedereinschaltung von Abgängen auf die Leistungsschalter einwirken.
- Begrenzte Echtzeitbedingungen. In einer elektrischen Anlage hängt die Reaktionszeit des Systems auf eine Belastung von deren Art ab:
  - Auf den Befehl eines Bedieners von einer Überwachungsstation aus muss das System innerhalb einer für diesen «akzeptablen» Zeit reagieren, d.h. innerhalb von 1 bis 2 Sekunden zwischen der Validierung des Befehls des Bediener mit einem «Klick» und der Änderung der Zustandsanzeige des Gerätes am Bildschirm.
  - Für die Speisungsumschaltungs-Automatismen gibt es keine Anforderung an die Reaktionszeit, was den elektrischen Prozess anbetrifft. Das Ziel besteht darin, die Zeit während der die Verbraucher nicht gespeist werden, auf ein Minimum zu reduzieren. Reaktionszeiten von einigen hundert Millisekunden sind absolut in Ordnung.
  - Beim Betrieb an einem Notstromaggregat müssen, wenn dessen Nennleistung überschritten wird, die Abgänge ohne Priorität abgeschaltet werden. Die zulässige Überlastdauer wird vom Hersteller des Notstromaggregates in Funktion der Überlast angegeben.
  - Bei komplexen Anlagen, wo die lokale Erzeugung durch das Elektrizitätsversorgungsunternehmen an die Einspeisung gekuppelt ist, müssen, wenn die Speisung ausfällt, gewisse Abgänge in Bruchteilen einer Sekunde abgeschaltet werden, bevor die Schutzeinrichtungen des Generators ansprechen.
  - Durch die Messwerte dimensionierte Informationsflüsse. Die elektrischen Messungen können einen dauernden Informationsfluss auf dem Bus des Verteilers bewirken. Die Messwerte für Spannung, Strom, Leistung und Energie sind die am meisten angetroffenen Daten. Die Dimensionierung des Bus hängt von der Menge der zu übertragenden Informationen ab, jedoch vor allem auch von der Häufigkeit der Übermittlung dieser Informationen.
  - Ein Strom- oder Leistungswert kann dem Anwender dazu dienen, sein elektrisches Netz in Echtzeit zu überwachen. Eine Periodizität von einigen Sekunden kann sich als notwendig erweisen.
  - Ein Energiewert wird im Minimum über einige Minuten integriert. Deshalb ist die Häufigkeit der Übermittlung dieses Messwertes gering.
- Abhängigkeit von den Randbedingungen des elektrischen Verteilers. Die Installation eines Bus im Innern eines elektrischen Verteilers muss die folgenden Randbedingungen berücksichtigen:
  - Das Netzwerk muss gegen die in einem NSVerteiler vorhandenen elektromagnetische Störsignale unempfindlich sein.
  - Es muss bei der Verdrahtung des Verteilers einfach zu verwirklichen sein, jedoch auch bei einem Ausbau desselben.

Quelle: www.voltimum.de

- Schließlich ist ein NS-Verteiler durch eine große Zahl von Anschlussstellen gekennzeichnet. Deshalb sind die Kosten eines Anschlusspunktes ein für die Wahl des Netzwerks ausschlaggebender Faktor.

Ungeeignete Protokolle vom Master/Slave-Typ
Bei den im Kapitel 2 beschriebenen Lösungen kommen gewöhnlich Protokolle vom Master/Slave- Typ vor, wie zum Beispiel ModBus. Für einen einfach automatisierten Verteiler, d.h. einen solchen, der lediglich Befehle und Zustandsmeldungen verwaltet, können mit einem Master/Slave-Protokoll die verlangten Leistungen erzielt werden. Dabei kann auf der Basis eines Verteilers mit 50 Abgängen und Einspeisungen die Abfrage des Zustandes sämtlicher Abgänge und Einspeisungen mit einer Rate von 20 ms pro abgefragte Arbeitsstation in etwa 1 Sekunde durchgeführt werden. Bei einem Ereignis (Befehl des Supervisors oder Ansprechen eines Automatismus in der Verteiler-Zentrale) kann die Abfrage der Zustände unterbrochen werden, um die nötigen Befehle zu übermitteln. Sobald hingegen die verlangten Funktionen die Übermittlung von Messwerten erfordern, wird dieser Protokoll-Typ infolge Verlängerung der Abfrage-Zykluszeit schnell ungeeignet. Zudem erhält bei einer Zustandsänderung eines Schaltgerätes nach einer Abschaltung die Verteiler-Zentrale diese Information erst beim nächsten Abfrage-Zyklus. Schließlich ist dieser Protokoll-Typ für eine verteilte Verarbeitung ungeeignet, weil die Zentrale ihre Aufgabe als Master nur erfüllen kann, wenn alle Informationen über sie gehen.

Anwendung von CSMA-Protokollen
Im Unterschied zu den Protokollen, die einen Zugriff zum Master/Slave-Medium verwenden, ermöglichen die CSMA-Protokolle (Carrier Sense Multiple Access) den an das Netzwerk angeschlossenen Arbeitsstationen eine bedarfsabhängige spontane Übermittlung.

Einschränkungen des CSMA
Der regellose Zugriff zum Medium bringt zwei Einschränkungen mit sich, die bei einem von Natur aus zentralisierten Master/Slave-Betrieb nicht bestehen. Diese Einschränkungen lassen sich einfach lösen.

- Kollisionsgefahr, da mehrere Arbeitsstationen gleichzeitig senden können. Es bestehen Regeln, um eine Kollision zwischen den Meldungen zu vermeiden. Es gibt zwei Fälle:
    0. CSMA/CD (Collision Detection). In diesem Fall stellen die Arbeitsstationen die Interferenz im Netzwerk zwischen den beiden Meldungen fest und brechen die Übermittlung ab, um sie nach einer bestimmten Zeit wieder aufzunehmen. Diese Lösung wird von Ethernet angewendet.
    0. CSMA/CA (Collision Analysis). In diesem Fall gestattet es eine Einrichtung, der Arbeitsstation, die den Rahmen mit der niedrigsten Priorität übermittelt, sich zurückzuziehen, damit der Rahmen mit der höheren Priorität übermittelt werden kann. Die Verwaltung der Prioritäten erfolgt auf der Ebene der Codierung des übermittelten Rahmens. Diese Lösung wird von BatiBus angewendet (siehe Abb. 14).
- Nichtdeterministische Reaktionszeit. Je nach der Belastung des Bus ist die Übertragungszeit des Rahmens nicht konstant. Deshalb ist es bei dieser Zugriffsart zum Medium nicht möglich, eine maximale Übertragungszeit zu garantieren. Bestimmte Einrichtungen und Auslegungsregeln bieten jedoch die Möglichkeit, maximale Übertragungszeiten mit einem Vertrauenskoeffizienten von nahezu 100% zu erhalten. So sind bei BatiBus die Befehle Rahmen mit Priorität, womit dieses Problem gelöst werden kann.
- Feststellung von ausgefallenen Arbeitsstationen. Bei einem System, das einen Zugriff zum Master/Slave-Medium verwendet, wird der Ausfall eines Slave im Moment seiner Abfrage durch den Master festgestellt.

Bei einem Protokoll, mit dem nur brauchbare Rahmen übertragen werden, wird ein ausgefallenes Modul nicht festgestellt. Es obliegt den einzelnen Anwendungen, Überwachungseinrichtungen vorzusehen, mit denen der einwandfreie Zustand jedes einzelnen Moduls periodisch überprüft werden kann.

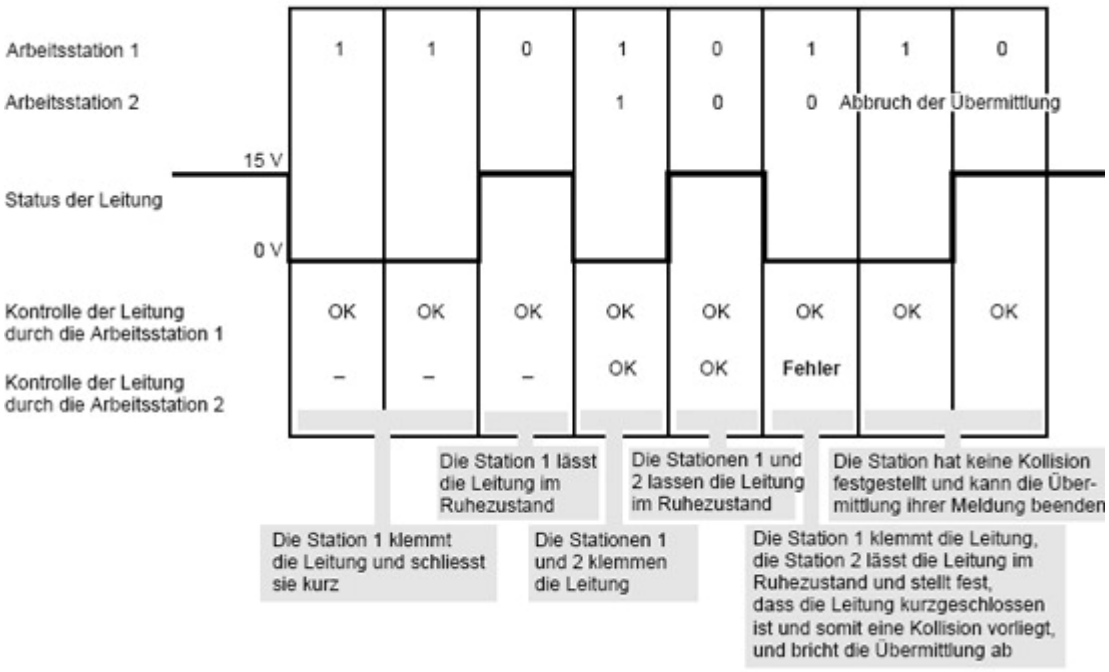

Abb. 14: Beispiel einer Kollisionsanalyse unter BatiBus.

Vorteile eines CSMA-Bus für eine elektr. Anlage.

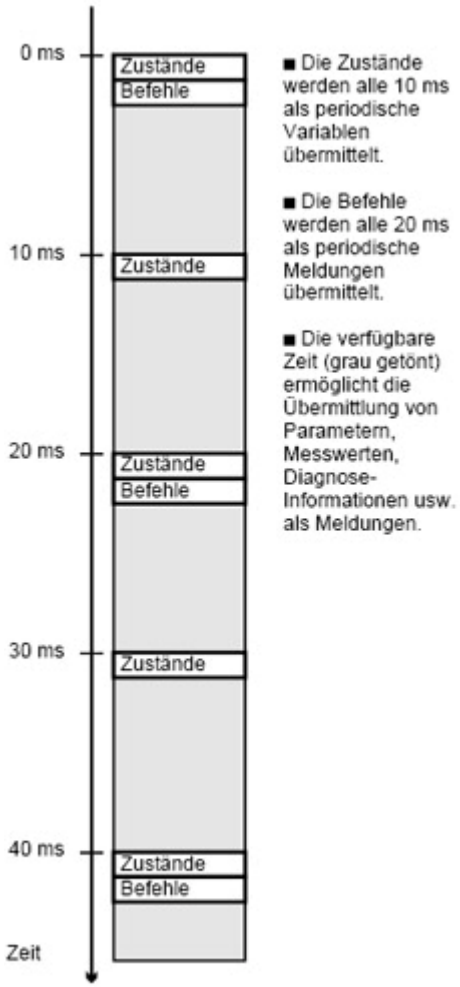

Abb. 15: MCC-Zeitdiagramm mit FIP.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde gezeigt, dass es möglich ist, die dem CSMA-Bus eigenen Einschränkungen zu umgehen. Die wichtigsten Vorteile, die dieser Betriebstyp bringt, sind folgende:

- Optimierung des Informationsaustausches: Ein Protokoll vom CSMA-Typ ermöglicht eine Optimierung des Informationsaustausches, weil der Bus nicht durch die ständige Abfrage verstopft wird. Somit ist bei einem stabilen Prozess, wie er normalerweise durch eine elektrische Anlage dargestellt wird, mit derselben Übertragungsgeschwindigkeit wie mit einem Master/Slave-Protokoll die Anzahl der brauchbaren Informationen wesentlich größer, wobei die Reaktionszeiten schlechter sein können.
- Reduktion der Kosten: Je höher die Übertragungsgeschwindigkeit ist, desto höher sind die Anforderungen an die Anlage, um sich gegen elektromagnetische Störungen zu schützen, und damit die Kosten. Da ein Protokoll vom CSMATyp die Wahl einer niedrigeren Übertragungsgeschwindigkeit

gestattet, werden die mit der Übertragung verbundenen Kosten reduziert.

- Dezentralisierung der Verarbeitung: Diese Zugriffsart gestattet eine optimierte Behandlung der dezentralen und/oder verteilten Verarbeitung. Das Beispiel der Abbildung 10 (Dezentralisierung) zeigt die Vereinfachung des Informationsaustausches (Meldungen an die OP: Öffnen) im Vergleich zu einer zentralen Master/Slave- Einrichtung. Dabei ist zu bemerken, dass es bei der verteilten Verarbeitung das Mess-Modul ist, das direkt den Abschaltbefehl an die OP erteilt, weshalb der Lastabwurf selbst bei einem Ausfall der Verteiler-Zentrale funktioniert.

Verwendung des FIP (Factory Information Protocol) für MCC-Anwendungen
Bestimmte Anwendungen in industrieller Umgebung stellen sehr hohe Anforderungen an die Kontinuität der Versorgung und Leistung, was sich zum Beispiel an einer garantierten (deterministischen) Reaktionszeit auf einen Befehl zeigt, der von einem Automatismus herkommt, der den Prozess steuert. Dies ist bei bestimmten MCCs (Motor Control Centers) der Fall. Im Unterschied zu einem NSHV haben die Öffnungs- und Schließbefehle für ein Schaltgerät keinen Ausnahmecharakter mehr. In diesem Fall genügen die Leistungen eines Master/Slave-Netzwerks nicht (außer wenn sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten verwendet werden, die bedeutende Mehrkosten verursachen); und ein Netzwerk mit regellosem Zugriff zum Medium ist ungeeignet. Für diesen Anwendungs-Typ ist von industriellen Anwendern und Herstellern das FIP-Netzwerk entwickelt worden. Ohne hier auf seine Funktionsweise einzugehen, sei darauf hingewiesen, dass es die Besonderheit hat, die Vorteile des Master/Slave-Systems mit denjenigen des regellosen Zugriffs zu vereinigen:

- Der Zugriff zum Medium wird von einem Bus-Controller gesteuert (der sich bei einem NS-Verteiler in der Verteiler-Zentrale befindet).
- Daten können periodisch über das Netzwerk verbreitet werden (zum Beispiel Befehle und Zustände).
- Die Arbeitsstationen können vom Bus- Controller das Recht verlangen, bei Bedarf Informationen zu übermitteln (wesentliche Änderung eines Messwertes usw.).
- Die von einer Arbeitsstation erzeugten Daten können von einer oder mehreren anderen Arbeitsstationen verwendet werden (für eine verteilte Verarbeitung).
- Schließlich integriert das Protokoll verschiedene Einrichtungen, was eine sehr hohe Übertragungssicherheit gewährleistet. Somit vereinigt dieses Protokoll die Vorteile des Master/Slave-Systems (deterministische und garantierte Reaktionszeit) und des regellosen Zugriffs (Übermittlung von brauchbaren Informationen oder Informationen nach einem Ereignis) mit hohen Leistungsdaten sowie mit der Erfüllung sehr strenger Betriebssicherheitsanforderungen.