

NS-Netze für die Sicherheitsstromversorgung

C. Obst, J. Wenge; Leipzig

In Gebäuden für Menschenansammlungen und in medizinisch genutzten Bereichen kommen Netzersatzanlagen zum Einsatz. Diese übernehmen bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung die Speisung des Niederspannungsnetzes für die Sicherheitsstromversorgung. Aufgrund der unterschiedlichen Kurzschlusscheinleistung der verschiedenen Quellen ist die Dimensionierung der Betriebsmittel hinsichtlich Kurzschlussfestigkeit und Selektivitätsverhalten schwierig. Der Beitrag gibt entsprechende Hilfestellungen für die Planung.

1 Notwendigkeit einer Sicherheitsstromversorgung

1.1 Normen und Vorschriften

In DIN VDE 0100-718 [1] wird eine Sicherheitsstromversorgung (SV) in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen vorgeschrieben, die bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung (AV) den weiteren Betrieb der sicherheitsrelevanten Verbraucher garantiert. Im Sinne der Norm sind dieses z. B.:

- Sportarenen, Schwimmbäder
- Theater und Kinos,
- Museen,
- Schulen und Heime,
- Tiefgaragen und Parkhäuser,
- Bahnhöfe und Flughäfen,
- Kaufhäuser.

Für diese Einrichtungen ist eine Sicherheitsstromversorgung erforderlich, die bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung notwendige Sicherheitseinrichtungen nach einer zulässigen Umschaltzeit für eine vorgeschriebene Mindestdauer weiterversorgt.

Die Notwendigkeit, bestimmte bauliche Anlagen mit Einrichtungen für Sicherheitszwecke auszustatten, wird durch gesetzliche Vorschriften, Arbeitsstättenrichtlinien, Vorschriften der BGen oder im Einzelfall durch eine behördliche Verfügung im Zuge der Baugenehmigung festgestellt.

1.2 Sicherheitseinrichtungen

Einrichtungen für Sicherheitszwecke, die im Gefahrenfall der Sicherheit von Personen dienen, sind u. a.:

- Sicherheitsbeleuchtung,
- Brandmeldeanlagen,
- Feuerlöscheinrichtungen,
- Feuerwehraufzüge,
- Entrauchungsanlagen,
- Kommunikationsanlagen zur Alarmierung und Erteilung von Anweisungen.

Die Weiterversorgung dieser Sicherheitseinrichtungen ist notwendig, um bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung

- das Auftreten einer Panik zu vermeiden,
- eine geordnete Evakuierung von Gebäuden im Katastrophenfall zu ermöglichen und
- für Einrichtungen, die der Brandbekämpfung dienen, Funktionserhalt bereitzustellen.

1.3 Forderungen an Sicherheitseinrichtungen

Die genannten Ziele werden dadurch erreicht, dass die **Kabeltrassen** des AV- und SV-Netzes komplett getrennt geführt werden. Ab dem Hauptverteiler der Sicherheitsstromversorgung ist zur Versorgung der notwendigen Sicherheitseinrichtungen ein eigenes Verteilungsnetz erforderlich.

Die **Schaltanlagen** des AV- und des SV-Netzes sind in getrennten Räumen unterzubringen. Für Kabel- und Leitungssysteme dürfen nur **feuerhemmende Installations-Schächte** und **-Kanäle** verwendet werden.

Für Stromkreise mit gefordertem Funktionserhalt sind **spezielle Kabeltypen** zu verlegen, die sich im Brandfall flammwidrig verhalten und nur geringfügig toxische Gase bilden. Besonderes Merkmal dieser Kabeltypen ist eine spezielle Aderumhüllung mit flammhemmendem Gewebeband, wobei Aderisolation und Außenmantel aus halogenfreiem Polymer gefertigt sind.

Für **medizinisch genutzte Einrichtungen** ist eine weitere Norm zu beachten. In DIN VDE 0100-710 „Medizinisch genutzte Bereiche“ ist u. a. die Sicherheitsstromversorgung für

- Krankenhäuser und Kliniken,
- Sanatorien und Pflegeheime,
- Polikliniken und Arzthäuser sowie
- Arzt- und Dentalpraxen

beschrieben. Es gilt der Grundsatz, dass elektrische Anlagen für medizinisch genutzte Bereiche so zu planen, zu errichten und zu betreiben sind, dass die Sicherheit der Patienten weder bei medizinischen Eingriffen, Untersuchungen und Behandlungen noch bei deren Aufenthalt in diesen Bereichen durch elektrische Einflüsse gefährdet wird.

2 Medizinisch genutzte Einrichtungen

Die elektrische Versorgung der Betriebsmittel und Anlagen muss zuverlässig und qualitätsgerecht erfolgen. Vor allem ist zu beachten, dass Patienten aufgrund ihres allgemeinen Gesundheitszustands bzw. durch Anästhesie besonders schutzbedürftig sind, da sie auf Gefährdungen durch elektrische Ströme nicht wie eine gesunde Person reagieren können.

2.1 Gruppeneinteilung

Um die Anforderungen an die elektrotechnische Ausstattung der einzelnen Räume zu definieren, werden diese in Gruppen unterteilt. Entscheidend dabei ist die Nutzungsart in Abhängigkeit von den angewendeten medizinischen Verfahren, nicht die installierten Geräte. Es werden drei Gruppen unterschieden:

• Gruppe 0

Die elektrische Anlage kann bei Auftreten eines ersten Körper- oder Erdschlusses oder bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung gefahrlos abgeschaltet werden, z. B. Wartezimmer, Sprechzimmer.

• Gruppe 1

Untersuchungs- und Behandlungsmethoden erfordern die Benutzung von Anwendungsteilen medizinisch-elektrischer Geräte am Patienten. Der Zustand des Patienten erhöht die Ansprüche an die elektrische Anlage, so dass ein zusätzlicher Schutz in Form von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) oder durch die Errichtung eines IT-Systems erforderlich ist. Bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung soll ein entsprechendes Maß an Weiterversorgung durch eine Sicherheitsstromversorgung übernommen werden. Alle Einrichtungen, die der Durchführung ambulanter Operationen dienen, sind der Gruppe 1 zuzuordnen, z. B.: Polikliniken, Zahnarztpraxen.

• Gruppe 2

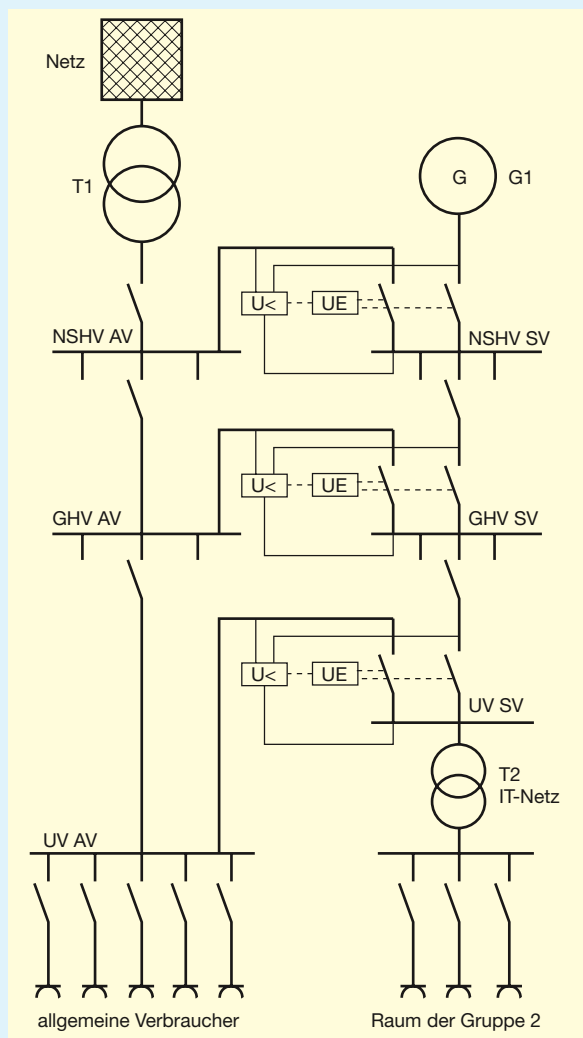
Räume der Gruppe 2 unterliegen der höchsten Sicherheitsstufe. Die elektrische Anlage darf bei Auftreten eines ersten Körper- oder Erdschlusses oder bei Ausfall des allgemeinen Versorgungsnetzes nicht abgeschaltet werden. Anwendungsteile medizinisch-elektrischer Geräte werden für Verfahren in Operationssälen und für lebenswichtige Behandlungen eingesetzt. Eine Unregelmäßigkeit in der Stromversorgung kann für den Patienten Lebensgefahr verursachen. Die Errichtung eines IT-Systems und die Bereithaltung einer Sicherheitsstromquelle sind somit zwingend notwendig, z. B.: Operationssäle, Intensivstationen.

2.2 Sicherheitsstromversorgung

Im fehlerfreien Betrieb erfolgt die Energieversorgung aus der allgemeinen Stromversorgung. Fällt diese aus, muss die Versorgung des SV-Netzes innerhalb von 15 s durch eine Sicherheitsstromversorgung automatisch übernommen werden. Lebenswichtige Verbraucher

Autoren

Dipl.-Ing. Christian Obst, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wenge, Hochschule für Wirtschaft, Technik und Kultur Leipzig (FH).



1 Niederspannungsnetz in einem Krankenhaus, unterteilt in AV- und SV-Netz

wie lebenserhaltende medizinisch-elektrische Geräte oder Operationsleuchten müssen innerhalb von 0,5 s wieder betriebsfähig sein. Ab der NS-Hauptverteilung ist das TN-S-System auszuführen, um Kriechströme und Potentialverschleppungen zu vermeiden. Das in einigen Gegenden anzutreffende TT-System ist nur für Räume der Gruppen 0 und 1 zulässig.

2.3 IT-System

Das für Räume der Gruppe 2 geforderte **IT-System** ersetzt den allgemein üblichen

- Schutz durch Abschaltung durch
- Schutz durch Meldung.

Bei Auftreten eines ersten Fehlers fließt nur ein sehr geringer Ableitstrom gegen Erde, welcher durch ein Isolations-Überwachungsgerät überwacht wird. Erst wenn der Isolationswiderstand 50 k Ω unterschreitet, wird eine optische und akustische Warnung ausgegeben, von der nur das akustische Signal quittiert werden kann. Die optische Warnung darf erst nach Fehlerbehebung erlöschen.

Mit einem zusätzlichen Isolationsfehler-Suchgerät können Isolationsfehler schnell geortet und fehlerhafte Geräte durch das medizinische Personal ausgesondert werden. Erst bei einem sehr unwahrscheinlichen, gleichzeitig auftretenden Doppelfehler im selben Stromkreis kommt es zur Abschaltung. Der Trenntransformator für die Schaffung des IT-Systems wird durch Stromwandler auf Überlast und durch Kaltleiter auf Übertemperatur über-

wacht. Werden die zulässigen Grenzwerte überschritten, erfolgt eine Meldung an das medizinische Personal. Ein IT-Transformator darf nur gegen Kurzschluss, aber nicht gegen Überlast abgesichert werden. Mit diesen Maßnahmen wird ein Ausfall der Stromversorgung verhindert.

2.4 Trennung des NS-Netzes

Durch die geforderte Trennung des NS-Netzes in einen AV- und einen SV-Teil ist jede Verteilungsebene, d. h. NS-Hauptverteilung (NSHV), Gebäudehauptverteilung (GHV) und Unterverteilung (UV), redundant vorhanden (Bild 1).

Die Verteilungen sind auf gleicher Ebene mit Kuppelschaltern verbunden. Bei der Einspeisung eines SV-Verteilers wird zwischen „bevorzugter Leitung“ und „zweiter Leitung“ unterschieden. Erfolgt die bevorzugte Einspeisung eines SV-Unterverteilers aus dem vorgeordneten SV-Verteiler, ist ein „aktives“ SV-System vorhanden, d. h. nur der Kuppelschalter zwischen NSHV AV und NSHV SV ist geschlossen. Alle anderen Kuppelschalter sind geöffnet und die Einspeiseschalter der SV-Verteiler geschlossen. Sind die Einspeiseverhältnisse genau umgekehrt, liegt ein „passives“ SV-System vor.

Jeder Unterverteiler für medizinisch genutzte Bereiche der Gruppe 2 muss über zwei unabhängige Zuleitungen verfügen. Fällt die Spannung von einem oder mehreren Außenleitern der aktuellen Einspeisung um mehr als 10 % unter den Wert der Netznennspannung, muss die Stromversorgung über eine Umschalt-

richtung (UE) selbsttätig auf die zweite Leitung umgeschaltet werden. Als Lastschaltglieder kommen z. B. verklinte Schütze zum Einsatz. Im Bereich der Krankenhaustechnik ist als Hersteller eines Komplettsystems besonders die Firma ESA Elektroschaltanlagen Grimma GmbH zu erwähnen.

3 Mögliche Einspeisungen eines SV-Netzes

Während für kleinere Anlagen ein Anschluss an das NS-Netz nach TAB ausreicht, müssen größere Zweckbauten über eine eigene Mittelspannungs(MS)-Einspeisung versorgt werden. Aus Gründen der Redundanz und Zuverlässigkeit werden meist mehrere Transformatoren nach dem (n-1)-Prinzip parallel betrieben. Liegt störungsfreier Betrieb vor, wird das SV-Netz durch die Transformatoren eingespeist. Wegen ihrer besseren Eigenschaften kommen



② Dieselaggregat als SV-Stromquelle im Einsatz [9]

bevorzugt Gießharztransformatoren zum Einsatz.

3.1 Herkömmliche Einspeisungen

Unter Beachtung von Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit haben sich in der Praxis seit Jahrzehnten Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren für Dieselkraftstoff und Akkumulatoren-Batterien als Sicherheitsstromversorgung bewährt (Bild ②). Dieselaggregate sind langlebig und zuverlässig. Sie kommen bevorzugt als zentrale Netzersatzanlagen mit großen Leistungen zum Einsatz. Akkumulatoren-Batterien dienen der Speisung von statischen Umformern (Wechselrichtern) und rotierenden Umformern (Motor-Generator-Sätzen) für Anlagen kleinerer Leistung mit höchsten Sicherheitsansprüchen. In der Praxis sind diese Anlagen als „Unterbrechungsfreie Stromversorgung“ (USV) für Rechentechnik bzw. dezentrale „Zusätzliche Sicherheitsstromversorgung“ (ZSV) für medizinische Geräte und OP-Leuchten im Einsatz. Mit wechselrichtergespeisten Sicherheitsstromversorgungen lässt sich im Gegensatz zu Dieselaggregaten Unterbrechungsfreiheit realisieren, da die Hochlaufzeit des Motors entfällt. Weiterhin wird eine sehr hohe Versorgungsqualität realisiert, da Netzschwankungen gefiltert werden.

3.2 Neuere Einspeisungen

Im letzten Jahrzehnt wurden auch mögliche neuartige Sicherheitsstromquellen auf ihre Eignung getestet.

Blockheizkraftwerk (BHKW). Dieses hat sich bereits am Markt etabliert und erreicht im Sinne der Kraft-Wärme-Kopplung einen Wirkungsgrad von über 90 %. Im Normalbetrieb wird das BHKW wärmegeführt zu Heizzwecken betrie-

ben und der erzeugte Strom ins Netz des Energieversorgers zurückgespeist. Bei Nutzung des BHKW als SV-Quelle wird auf stromgeführten Betrieb umgestellt und ins eigene Netz eingespeist. Die entstehende, nicht benötigte Wärme muss in diesem Fall abgeleitet werden. Durch den Einsatz von alternativen Brennstoffen wie Biogas oder Biodiesel kann die Umweltfreundlichkeit noch zusätzlich verbessert werden.

Brennstoffzelle. Im Gegensatz zum BHKW befindet sich die Brennstoffzelle als SV-Stromquelle noch am Anfang ihrer Nutzung. Erfahrungswerte im langjährigen Dauerbetrieb müssen erst noch gesammelt werden (Tafel ①). Die bisher in Betrieb genommenen Anlagen konnten die hohe Erwartungshaltung nur teilweise erfüllen und sind noch verhältnismäßig teuer. Durch den rasanten technischen Fortschritt fällt es außerdem schwer, in der Normung mit der Entwicklung Schritt zu halten.

4 Kurzschlussberechnung und Selektivitätsbetrachtung

DIN VDE 0100-718 [1] und DIN VDE 0100-710 [2] fordern die Berechnung der zu erwartenden maximalen und minimalen Kurzschlussströme nach VDE 0102 [3] für alle Verteilerstromkreise ab der Sicherheitsstromquelle und für ausgewählte Endstromkreise. Dabei genügt es, die Endstromkreise mit den ungünstigsten Parametern hinsichtlich Leitungslänge und Leiterquerschnitt zu betrachten.

- Der maximale Kurzschlussstrom dient der Auslegung der Betriebsmittel auf mechanische und thermische Kurzschlussfestigkeit sowie der Bestimmung des Schaltvermögens von Leistungsschaltern.
- Der minimale Kurzschlussstrom bestimmt die maximale Leitungslänge der Endstromkreise zum Schutz bei indirektem Berühren und ist maßgebend für das Einstellen der Auslöser der Schutzorgane.

Überstromschutzorgane müssen in den geforderten Abschaltzeiten selektiv vor der in Reihe liegenden Schutzeinrichtung auslösen. Das heißt, nur der fehlerbehaftete Netzabschnitt darf abgeschaltet werden. Dazu ist

- ein Vergleich der Auslösekennlinien aller in Reihe liegenden Schutzeinrichtungen anhand der zu erwartenden Kurzschlussströme notwendig [statische Selektivitätsbetrachtung (Bild ③)] sowie
- ein Nachweis der Selektivität über Grenzwerttabellen, die vom Schutzgerätehersteller herausgegeben werden (dynamische Selektivitätsbetrachtung).

Die Kennwerte der Sicherheitsstromquellen und der Schutzeinrichtungen als auch die Kabelquerschnitte müssen so ausgewählt werden, dass der bei Kurzschluss an beliebiger Stelle fließende kleinste Kurzschlussstrom sowohl bei AV- als auch bei SV-Versorgung innerhalb der zulässigen Zeit und selektiv abgeschaltet wird.



③ Statische Selektivitätsbetrachtung mit dem Kennlinienprogramm der Fa. Moeller

Tafel 1 Wichtige Eigenschaften möglicher Sicherheits-Stromversorgungs-Quellen

Kriterium	Stromquelle			
	Dieselaggregat	Batterieanlage	BHKW	Brennstoffzelle
Investitionskosten je kW	niedrig	mittel	mittel	hoch
Betriebskosten	niedrig, kaum Verschleißteile	mittel Batterietausch teuer	niedrig, kaum Verschleißteile	hoch Zellentausch teuer
Marktpresenz	gut	gut	gut	eingeschränkt
Entwicklungsstand	erprobt	erprobt	erprobt	Testphase
Standzeit ohne Tausch wichtiger Komponenten	sehr hoch bis mehrere Jahrzehnte	mittel etwa 10 Jahre	hoch etwa 15 bis 20 Jahre	niedrig etwa 5 Jahre
kurzschlussbestimmendes Bauteil	Generator	Wechselrichter, Generator	Generator	Wechselrichter

4.1 Versorgung über die AV

Im Fall der Versorgung des SV-Netzes über die AV treten die größten Beanspruchungen durch den dreipoligen Kurzschluss $I_{k3 \max}$ auf. Der Kurzschlussstrom ist durch die große Kurzschlusscheinleistung des Energieversorgungsnetzes und die geringe Transformatorimpedanz sehr hoch. In diesem Betriebsfall sind die Bauart und der Typ des ausgewählten NS-Transformators kurzschlussbestimmend. Der maximal auftretende Kurzschlussstrom kann durch die Wahl der Kurzschlussspannung u_k bestimmt werden, wobei Transformatoren mit $u_k = 4\%$ einen höheren Kurzschlussstrom liefern als Transformatoren mit $u_k = 6\%$. Normalerweise liegt bei AV-Betrieb ein generatorferner Kurzschluss vor.

4.2 Versorgung über die SV

Im Fall der Versorgung des SV-Netzes über die SV liegt ein generatornaher Kurzschluss vor. Aufgrund komplizierter magnetischer Ausgleichsvorgänge zwischen Ständer-, Läufer- und Erregerwicklung des Generators erhöht sich dessen Impedanz nach Kurzslusseintritt. Der von der subtransienten Reaktanz X_d'' abhängige Anfangskurzschlussstrom beträgt das 8- bis 12-fache des Generatorenennstroms und klingt in einem transienten Vorgang innerhalb von etwa 0,3 s auf den von der Synchronreaktanz X_d bestimmten Dauerkurzschlussstrom ab.

Beim thermischen Schutz des Generators ist zu berücksichtigen, dass dieser für max. 5 s einen I_{k3} vom etwa 3- bis 5-fachen des Bemessungsennstroms liefert. Im Gegensatz zur Transformatorpeisung nimmt der max. einpolige Kurzschlussstrom $I_{k1 \max}$ beim Generatorbetrieb größere Werte an als $I_{k3 \max}$, weil ein einpoliger Kurzschluss das Erregerfeld der Maschine weniger schwächt als ein dreipoliger Kurzschluss.

Während in der Nähe des Generators die Impedanz der Kurzschlussbahn von dessen Reaktanz X bestimmt wird, überwiegt im nachgeordneten NS-Netz die Resistanz R der Kabel und Leitungen mit geringen Querschnitten. Deshalb kann sich bei generatorgespeisten Endstromkreisen das Verhältnis wieder umkehren, d. h. I_{k3} ist dann wieder größer als I_{k1} . Der von einem Generator im SV-Betrieb lieferbare Kurzschlussstrom ist wesentlich kleiner als im AV-Betrieb und muss die Schutzorgane innerhalb der Abschaltzeit selektiv auslösen können.

Wechselrichtergespeiste Sicherheitsstromversorgungen liefern einen statischen Kurzschlussstrom vom 2,5- bis maximal 6-fachen Wert des Bemessungsennstroms. Die Kurzschlussstrombeanspruchung muss zeitlich begrenzt werden, um die Halbleiterbauelemente vor Überhitzung zu schützen. Aufgrund der geringen Kurzschlussleistung können in den Abgängen nur wenige Schutzorgane selektiv in Reihe angeordnet werden.

4.3 Berechnungsmöglichkeiten

Nach VDE 0102 ist eine manuelle Berechnung sämtlicher Kurzschlussströme möglich, der Aufwand ist jedoch beträchtlich.

Um die Betriebsmittel des SV-Netzes kurzschlussfest auszulegen, wird dazu der maximale dreipolige Kurzschlussstrom bei Transformatoreinspeisung an den Abgangsklemmen der Schutzorgane berechnet.

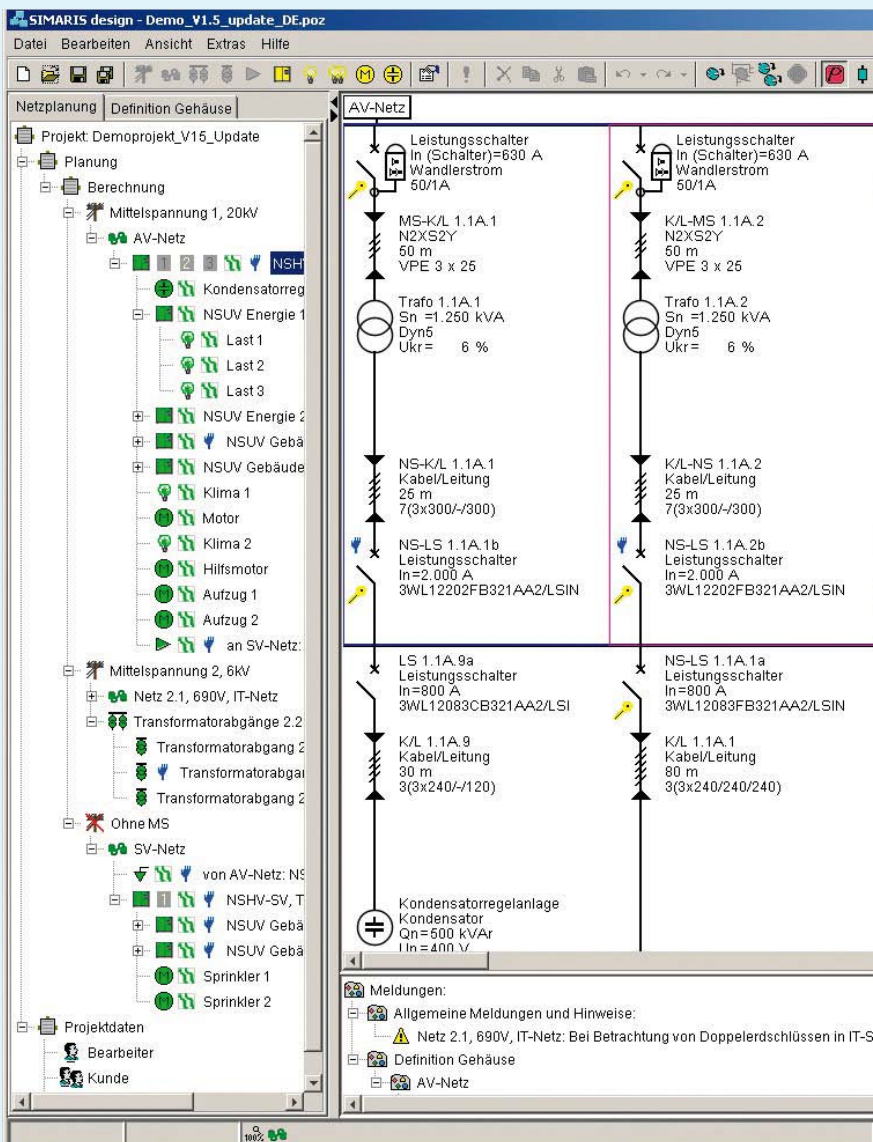
Um den minimalen Kurzschlussstrom für die Abschaltbedingung zu ermitteln, ist der drei- und einpolige Kurzschlussstrom bei Generatoreinspeisung am Ende derselben Stromkreise zu ermitteln.

Eine Selektivitätsbetrachtung ist manuell schwierig durchzuführen, besonders dann, wenn Schutzorgane verschiedener Hersteller in Reihe kombiniert werden. In diesem Fall bleibt nur das Übertragen der einzelnen Auslösekennlinien auf doppelt-logarithmisches Papier. Doch selbst wenn sich die Kennlinien nicht schneiden, ist eine Beurteilung schwierig, da keine Selektivitäts-Grenzwerttabellen für die Kombination von Schutzorganen verschiedener Hersteller verfügbar sind.

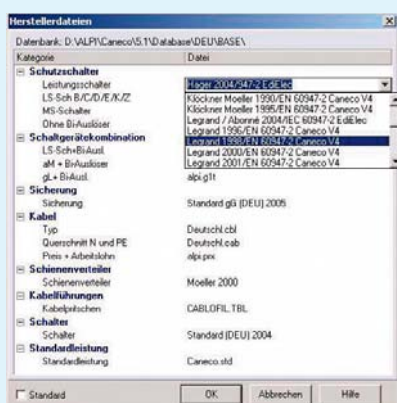
5 Softwarelösungen

Zur Dimensionierung von NS-Netzen haben sich verschiedene Softwarelösungen bewährt, die Kurzschlussstromberechnung und Selektivitätsnachweis auf einem Personalcomputer ermöglichen. Sie automatisieren die Netzplanung und entlasten den Planer von Routinearbeiten. Gleichzeitig entsteht eine lückenlose Dokumentation, die als Berechnungsnachweis für Abnahmebehörden dienen kann. Grundsätzlich sind zu unterscheiden:

- Systemsoftware von Schaltgeräteherstellern und
- herstellerunabhängige Programme.



4 Hauptbildschirm von Simaris design – Netzbild mit Geräteparametern



5 Katalogauswahl nach Hersteller im Berechnungsprogramm Caneco NS

5.1 Herstellerabhängige Software

Hierzu zählen z. B. DocWin von ABB, Simaris design von Siemens (Bild 4), Netplan von Moeller, Ecodial von Schneider. Der Schaltgerätehersteller bietet damit seinen Kunden die Vorteile einer modernen Dimensionierungssoftware, kombiniert mit einem in sich schlüs-

sigen und kompletten Berechnungsnachweis. Dies ist möglich, da der jeweilige Hersteller durch das Einpflegen aller Daten eine statische und dynamische Selektivitätsberechnung für seine Schaltgeräte ermöglicht. Damit wird dem Kunden eine Komplettlösung von der MS-Einspeisung bis zur Steckdose geboten und gleichzeitig das Systemgeschäft mit Schaltgeräten aus der eigenen Produktpalette gefördert. Die dadurch entstandene optimierte elektrische Gesamtanlage soll dem Preisverhalten der Mitbewerber durch technische Vorteile entgegentreten.

5.2 Herstellerunabhängige Software

Hier sind z. B. zu nennen: Caneco NS von Alpi (Frankreich), Febdok von Nelfo (Norwegen), Amtech Prodesign (USA) und elcoPower von Hannappel sowie Elaplan von Elekrasoft (Deutschland). Die Softwarehäuser arbeiten selbständig und pflegen die Katalogdaten namhafter Hersteller ein. Dadurch ist es möglich, bei der Planung einer NS-Anlage auch Schaltgeräte verschiedener Hersteller zu kombinieren und trotzdem einen kompletten Berechnungs- und Selektivitätsnachweis zu führen.

Die Software Caneco NS wurde von der französischen Firma Alpi (Applications Logiciels Pour l'Ingénierie S. A., Frankreich) entwickelt und wird in Deutschland von der pit-cup GmbH, Heidelberg, vertrieben (Bild 5). Da die Software modular aufgebaut ist, kann durch den Anwender entschieden werden, welche Berechnungsmodu-

- für ihn von Nutzen sind und
- nach welcher Norm die Berechnungen ausgeführt werden sollen.

Durch Variation der Schutzorgane in einem Beispielnetz kann untersucht werden, welche Schutzgerätekombinationen sich selektiv zueinander verhalten. Besonders interessant ist hierbei aufgrund des geringen Kurzschlussstroms im Generatorbetrieb die Kombination Generatorschutzschalter und das sich daraus ergebende maximal einsetzbare Schutzorgan im Abgang der NSHV.

6 Zusammenfassung

Für NS-Netze von Sicherheitsstromversorgungen werden laut DIN-Norm

- eine Kurzschlussstromberechnung und
- ein Selektivitätsnachweis

gefordert. Dabei ist zu beachten, dass bei Transformatoreinspeisung viel höhere Kurzschlussströme fließen als im Generatorbetrieb. Selektivität ist dadurch nur schwierig herzustellen. Eine Reihe von modernen Softwarewerkzeugen unterstützen den Planer bei seiner Arbeit und dokumentieren die Berechnungsergebnisse.

Literatur

- [1] DIN VDE 0100-718:2005-10 Errichten von Niederspannungsanlagen; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Teil 718: Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen.
- [2] DIN VDE 0100-710:2002-11 –; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Teil 710: Medizinisch genutzte Bereiche.
- [3] VDE 0102 (DIN EN 60909-0):2002-07 Kurzschlussströme in Drehstromnetzen – Berechnung der Ströme.
- [4] Flügel, Linke, Möller u. a.: Starkstromanlagen in medizinisch genutzten Gebäuden mit stationären oder ambulanten Bereichen. VDE-Schriftenreihe 17, 3. Auflage. VDE Verlag 2003.
- [5] Uhlig, Sudkamp: Elektrische Anlagen in medizinischen Einrichtungen. Hühig & Pflaum Verlag, Neuerscheinung 2005.
- [6] Pistora, G.: Berechnung von Kurzschluss-Strömen und Spannungsfällen. VDE-Schriftenreihe 118, 1. Auflage. VDE-Verlag 2004.
- [7] Obst, Ch.: Planung und Projektierung von Objekten mit zentraler Netzersatzversorgung. Diplomarbeit an der HTWK Leipzig 2005.
- [8] ESA Elektroschaltanlagen Grimma GmbH: www.esa-grimma.de
- [9] GSA – Maschinenhandel und Service GmbH: www.gsa-aggregate.com/beispiele.htm