

6	Personenschutz	321
6.1	Allgemeines.....	321
6.2	Gefährdung des Menschen.....	324
6.2.1	Wirkungen des elektrischen Stromes.....	324
6.2.2	Einfluss der Frequenz, Stromstärke und Einwirkungszeit.....	325
6.2.3	Impedanz des menschlichen Körpers.....	326
6.3	Fehlerstromkreise.....	328
6.3.1	Fehlerstromkreis im ungeerdeten Netz.....	328
6.3.2	IT-Netzsystem.....	332
6.3.3	TT-Netzsystem.....	338
6.3.4	TN-Netzsystem.....	342
6.4	Erdungsanlagen.....	348
6.5	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 6.....	356
7	Kompensationsanlagen	359
7.1	Allgemeines.....	359
7.2	Kompensation bei sinusförmigen Strömen.....	361
7.2.1	Einzelkompensation.....	364
7.2.2	Gruppenkompensation.....	369
7.2.3	Zentralkompensation.....	370
7.3	Kompensation in Netzen mit Stromrichtern.....	371
7.3.1	Allgemeines.....	371
7.3.2	Ermittlung der Resonanzfähigkeit von Netzen.....	374
7.3.3	Maßnahmen zur Begrenzung von Netzrückwirkungen.....	376
7.3.4	Beeinflussung von Tonfrequenz-Rundsteueranlagen.....	378
7.4	Lernzielorientierter Test zu Kapitel 7.....	379
	Bildquellennachweis	381
	Literatur	383
	Normen	385
	Stichwortverzeichnis	388

1

Übersicht über die elektrische Anlagentechnik

Die stark wachsende Elektrifizierung auf allen Gebieten des täglichen Lebens führte in den letzten Jahrzehnten zu einer Steigerung und Konzentration der installierten elektrischen Leistungen in Industrie, Gewerbe, öffentlichen Gebäuden und Hausinstallationen. Die technische Disziplin, die sich mit den Methoden der Gestaltung, Berechnung, Installation und Überwachung von Anlagen der elektrischen Energieversorgung und Energienutzung befasst, ist die elektrische Anlagentechnik.



Elektrische Anlagen sind Anlagen zur Erzeugung, Übertragung, Verteilung, Umwandlung, Speicherung und Nutzung der elektrischen Energie.

Gelegentlich wird für elektrische Anlagen noch der klassische Begriff „Starkstromanlagen“ verwendet. Die umfassende Aufgabenstellung der elektrischen Anlagentechnik erfordert eingehende Kenntnisse:

- der Bedingungen, unter denen die Energieversorgung bzw. -nutzung erfolgen,
- der elektrischen Betriebsmittel als Teil der elektrischen Anlage,
- des Aufbaus des gesamten Anlagensystems und dessen Verhalten bei den verschiedenen Betriebsbedingungen im ungestörten und gestörten Betrieb.

Durch die hohe Bedeutung, die die elektrische Energie hat, werden besondere Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der elektrischen Anlagen gestellt. Deshalb muss die elektrische Anlagentechnik stets um technische Lösungen bemüht sein, die geringste Anlagen- und Betriebskosten bei größter Versorgungssicherheit und größtmöglicher Schonung der Energiereserven und der Umwelt garantieren. Die elektrische Anlagentechnik muss sicherstellen, dass:

- die Abnehmer in ausreichender Menge mit elektrischer Energie versorgt werden,
- die elektrische Energie jederzeit mit den vereinbarten Kennwerten zur Verfügung steht,
- im Störfall nur der gestörte Netzteil von der Energieversorgung abgetrennt wird,
- die Nutzung der elektrischen Energie bei sachgemäßer Handhabung ungefährlich ist,
- die elektrischen Anlagen mit dem bestmöglichen Wirkungsgrad geplant werden,
- die notwendigen Anlagen eine möglichst geringe Belastung der Umwelt hervorrufen.

Bild 1.1 zeigt die Anwendungsgebiete der elektrischen Anlagentechnik innerhalb der elektrischen Energietechnik.

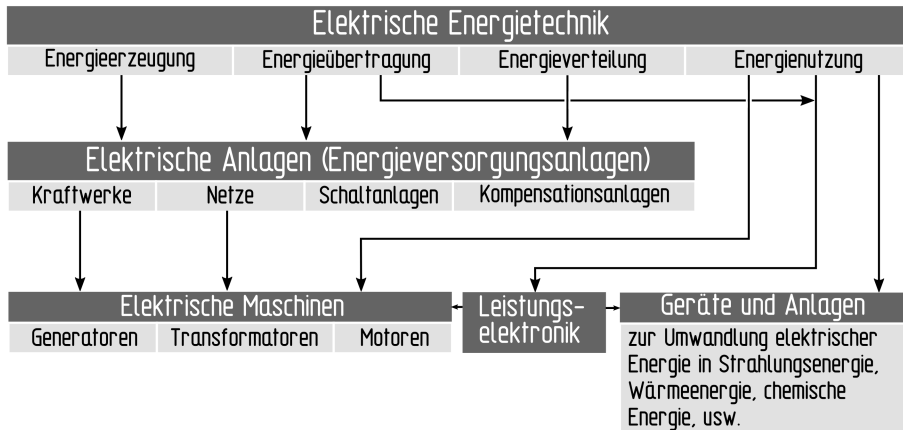


Bild 1.1 Übersicht über die elektrische Anlagentechnik

Den Schwerpunkt bilden die Anlagen zur elektrischen Energieversorgung. Anlagen zur elektrischen Energieversorgung sind:

- die elektrischen Einrichtungen der Kraftwerke,
- die Netze mit ihren Schutzeinrichtungen, Kabeln, Leitungen und Erdungsanlagen,
- die Schaltanlagen mit den verschiedenen Schaltgeräten.

Die Übertragung der elektrischen Energie erfolgt aus wirtschaftlichen Gründen auf verschiedenen Spannungsebenen. Dadurch sind die entsprechenden Anlagen sehr unterschiedlichen Beanspruchungen ausgesetzt. Mit den Problemen der Hoch- und Höchstspannungsanlagen und ihren technischen Lösungen beschäftigt sich die Hochspannungstechnik. Mit den Nieder- und Mittelspannungsanlagen setzt sich das vorliegende Buch auseinander. In diesem Rahmen werden auch Betriebsmittel und Anlagensysteme der Hochspannungstechnik vorgestellt, wenn Unterschiede oder Besonderheiten herausgestellt werden sollen.

Viele Aufgaben sind für die elektrische Anlagentechnik nur im Verbund mit anderen Fachgebieten zu lösen. So ergeben sich Schnittstellen:

- mit der Kraftwerkstechnik bei den Anlagen zur elektrischen Energieerzeugung,
- mit der Hochspannungstechnik bei den Hoch- und Höchstspannungsanlagen,
- mit der Elektrizitätswirtschaft bei der Überwachung und Führung des Energieflusses und der damit zusammenhängenden Ansteuerung der Schaltanlagen.

Die nahtlosen Übergänge an den Schnittstellen müssen durch sinnvolle Abgrenzung der Anlagen und eindeutige Abstimmung der technischen Daten erreicht werden. Zur elektrischen Anlagentechnik gehören deshalb auch entsprechende Grundkenntnisse aus den angrenzenden Fachgebieten.

2

Kraftwerke



Lernziele

Nach Durcharbeitung dieses Kapitels können Sie

- die verschiedenen Energieformen erläutern,
- den Energieumwandlungsprozess und das Wärmeschaltbild eines Wärmekraftwerks erklären,
- die Arbeitsweise der Anlagenteile eines Kohlekraftwerkes beschreiben,
- die Maßnahmen zur Minderung der Umweltbelastung bei Kohlekraftwerken erläutern,
- die bei Wärmekraftwerken erreichbaren Wirkungsgrade begründen,
- den Aufbau der elektrischen Anlage eines Kraftwerksblockes beschreiben,
- die Arbeitsweise und Sicherheitsmaßnahmen eines Kernkraftwerkes erläutern,
- die verschiedenen Ausbauförmungen von Wasserkraftwerken beschreiben,
- den Aufbau und die Einsatzmöglichkeiten von Wind- und photovoltaischen Kraftwerken erläutern,
- den Einsatz der verschiedenen Kraftwerke im Bereich der öffentlichen Elektrizitätsversorgung begründen.

■ 2.1 Energieformen

Die Natur stellt dem Menschen Energie in vielfältiger Form (z.B. Licht-, Wärme-, Kernenergie) zur Verfügung. Nur selten jedoch kann diese vom Menschen dort genutzt werden, wo sie von der Natur bereitgestellt wird. Es sind deshalb Systeme notwendig, die die verschiedenen Primärenergien in gut speicherbare und/oder transportierbare Sekundärenergien umwandeln, um diese dann an einem gewünschten Ort zu einer gewünschten Zeit in die gewünschte Nutzenergie umwandeln zu können.

Zu den wichtigsten Sekundärenergien zählt neben den Kraftstoffen, Heizölen und Erdgas mit ca. 20% (Sektor Haushalte in Deutschland) die elektrische Energie. Sie wird in Kraftwerken unterschiedlichster Art und Leistungsgröße aus fast allen Primärenergien gewonnen.



Energieformen, die unmittelbar der Natur entnommen werden, bezeichnet man als Primärenergien.

Energieformen, die zum Zwecke des besseren Transports oder der Speicherung aus Primärenergien gewonnen werden, bezeichnet man als Sekundärenergien.

Tabelle 2.1 Energieformen

Primärenergien	Sekundärenergien
feste, flüssige, gasförmige Brennstoffe	elektrische Energie
Kernbrennstoffe	Benzin, Heizöl
Wasserkraft	Fernwärme
Meeresenergie	
Windkraft	
Erdwärme	
Sonnenstrahlung	
Biomasse	

Unter allen Energieformen nimmt die elektrische Energie eine Schlüsselposition ein, da sie auf vielfältige Art wirtschaftlich erzeugt, transportiert und wieder in andere Energieformen umgewandelt werden kann.

■ 2.2 Wärmekraftwerke

2.2.1 Allgemeines

Der größte Teil der elektrischen Energie wird in den meisten Ländern noch immer in Wärmekraftwerken gewonnen. Dampfkraftwerke sind Anlagen, die in mehreren Stufen

- die Energie fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas),
- die Energie von Kernbrennstoffen (Uran),
- die Strahlungsenergie der Sonne,
- die Wärmeenergie im Erdinneren

in elektrische Energie umwandeln. Prinzipiell arbeiten alle Dampfkraftwerke nach dem gleichen Verfahren entsprechend Bild 2.1.

Wärmeenergie wird in einem Verdampfer in Bewegungsenergie des Dampfes umgesetzt. Der Dampf durchströmt anschließend eine Turbine und gibt dabei einen Teil seiner Energie in Form von Rotationsenergie ab. Die Turbine treibt einen Generator an, der die Rotationsenergie in elektrische Energie umwandelt. Die Restenergie des Abdampfes wird über einen Kondensator mit nachgeschaltetem Kühlsystem an die Umwelt abgegeben. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten von Wärmekraftwerken liegen in der ersten Umwandlungsstufe, d.h. in der Umwandlung der Primärenergie in die Wärmeenergie des Arbeitsstoffes. Als Arbeitsstoff verwenden Dampfkraftwerke Wasser. Dieses