



Elnät

Uppbyggnad, funktion, hjälp- och kringssystem

3:e upplagan

Kent Mayer

Innehållsförteckning

1. Förord.....	9
2. Författaren Kent Mayer	9
3. Grundläggande termer	10
4. Elnätets historik.....	10
5. Svenska Kraftnät (Svk) har systemansvaret	12
6. Systemansvaret i Nordeuropa	12
7. Elnätets uppgift	12
8. Elnätet, struktur och uppdelning	14
ALLMÄNT	15
9. Elanläggning	15
10. Uttagspunkt.....	15
11. Nätkoncession	15
12. UMM	15
13. Elnätsföretag, elhandelsföretag, elanvändare	16
14. Nätstation.....	16
15. Installerad effekt och årlig energiproduktion i Sverige	17
16. Sveriges elanvändning och export av el	17
17. Den framtida elektrifieringen i Sverige	17
18. Kraftbalans	18
19. Överföringssnitt och elområden	18
20. System och komponenter i och kring elnätet	19
21. Primärkomponenter	20
22. Sekundärkomponenter.....	20
23. Enlinjeschema	21
24. De olika elektriska överföringsnäten i Sverige	22
25. Energilagring.....	24
26. Drift och övervakning av elnätet.....	24
27. Frekvensen	25
28. Kraftsystemstabilitet	25
29. Rotationsenergi och svängmassa.....	26
30. Synkrogeneratorn.....	26
31. Effektreserv	27
32. Momentanbalans och reglerstyrka	28
33. Storstörningar i elnätet.....	28
34. Storstörningar i världen	28
35. Trygg elförsörjning i Sverige	30
36. Ö-drift.....	30
37. Förbättrad- och ny teknik och nya affärsmodeller	31
38. Tillgänglighet och tillförlitlighet	31

39. Redundans	32
40. ENTSO-E och ACER	32
41. Smarta elnät.....	32
42. Smarta elnätslösningar i praktiken	33
43. Likströmstekniken	36
44. Formler	37
45. Begrepp inom trefasssystemet	37
46. Effekt och energi, vad är skillnaden?	38
47. Svavelhexafluorid (SF ₆).....	38
48. Teknisk luft.....	39
49. Lokala system och skydd	39
50. Stödtjänster	40
51. Effektflexibilitet och effekttariffer.....	41
MAGASINERING	42
52. Generering, magasinering och reglerbarhet.....	42
53. Hetvattenackumulatortank.....	43
54. Pumpkraftverk	43
55. Batterilager (BESS)	44
56. Vätgasteknik	45
57. Gravitationsbatteri.....	45
GENERERING	46
58. Förnybara energikällor.....	46
59. Solkraft.....	46
60. Vattenkraftverk.....	48
61. Turbintyper och tilloppstuber till turbinerna.....	49
62. Kavitation.....	49
63. Vindkraftverk	49
64. Kärnkraftverk	51
65. Små modulära reaktorer (SMR).....	52
66. Pumpkraftverk	52
67. Gasturbiner	53
68. Vätgas (H ₂)	54
69. Olika energisystems tekniska egenskaper	55
70. Baskraft, reglerkraft och intermittent kraft.....	55
71. Flexibel baskraft.....	56
72. Fossilfri reglerkraft	56
73. Miljöbekymmer med förnybara energikällor?.....	56
74. Generatorskydd	57
75. Transformatorskydd.....	57
TRANSMISSION	58
76. Ett transmissionsnäts uppbyggnad.....	58

77. Spänningstopologi	58
78. Utlandsförbindelser.....	59
79. Krafttransformatorn	60
80. Transformatorolja.....	63
81. Gasanalys (trafo)	63
82. Transformatorgrop	64
83. Lindningskopplaren	64
84. Omsättningsomkopplare	65
85. BCD-kod och Greykod.....	66
86. Luftledningarna	66
87. Kraftledningsstolpar	69
88. Högtemperaturlinor	71
89. Magnetfält och elektriska fält.....	71
90. Ledningsskydd	73
91. Transformatorskydd	73
92. Reaktiv effektkompensering.....	74
93. Olika typer av reaktiv effektkompensering.....	75
94. HVDC-länk	76
95. Koronaeffekten.....	79
96. Skinneffekten	80
97. Ferrantieffekten	81
DISTRIBUTION	82
98. Ett distributionsnäts uppbyggnad.....	82
99. Elnätets topologi	82
100. Maskade elnät.....	82
101. Radiella elnät.....	83
102. Elkvalitet.....	85
103. Stationsbegreppet	87
104. Makadam	88
105. Stationsbyggnad	89
106. Tungta intermittenta laster som elfordon.....	89
107. Hamnanslutning	89
108. Elmätarna i Sverige.....	90
109. Elkostnader.....	91
NEDAN DEL = FÖRDJUPNINGSSOMRÅDEN	92
ÖVRIGA GEMENSAMMA KOMPONENTER	92
110. Effektbrytaren	92
111. Frånskiljaren	93
112. Ventilavledaren	94
113. Jordningskopplaren	95
114. Samlingskena	95

115. Strömtransformatorn (IT).....	96
116. Spänningstransformatorn (UT).....	97
117. Mätvärdesomvandlaren.....	98
118. NCIT-instrument.....	99
119. Ställverksfack	100
120. Isolatorn och isolatorkedjor	101
121. Ljusbågshorn.....	102
122. Vibrationsdämpare	103
123. Kabel, dess uppbyggnad.....	103
124. Markkabel.....	104
125. Kabel förlagd i tunnel	105
126. Traditionell- och halogenfri kabel	105
127. Anläggningskostnader, luftledning och markkabel.....	106
128. Fiberkablage.....	106
129. OPGW och OPPW.....	107
130. Ledningskollen	107
131. Systemjordning	108
132. Jordtagsmätning	110
133. Skyddsutjämning / Funktionsutjämning	111
134. Direktjordade- och impedansjordade system.....	113
135. Hur uppkommer kapacitans i luft- och markkabelnät?.....	113
136. Hur uppkommer induktans i luft- och markkabelnät?.....	114
137. Kortslutningskrafter (hållfastighet)	114
138. PMU-enhet	114
139. WAMS.....	115
140. Underhåll och underhållsintervall, primärkomponenter	116
141. En produkts livslängd	117
SCADA-driftövervakningssystem	118
142. Före den datoriserade fjärrkontrollens tid	118
143. SCADA, historik	118
144. SCADA-systemens historia, elnät	118
145. SCADA driftövervakningssystem, basuppgifter	119
146. Dynamisk färgsättning	121
147. Kontrollrum.....	122
148. SCADA-systemets maskinvara, serverskåp.....	123
149. SCADA-systemets maskinvara, ingående enheter	124
150. Cybersäkerhet (SCADA-säkerhet).....	126
151. Avancerade optimeringsfunktioner baserade på SCADA.....	127
152. SCADA-systemets kraftförsörjning	127
153. Hjälpkraftsystem	130
154. Dieselgeneratorn	130

155. Vad kostar utrustningen?	132
PROCESSDATAINSAMLINGSSYSTEMET	133
156. Processdatainsamlingssystemet, översikt.....	133
157. Fjärrkontrollterminalen (RTU)	133
158. Korskopplingslåda (mellan process och RTU).....	135
159. Indikering	136
160. Analogt mätvärde	138
161. Digitalt mätvärde	141
162. Energimätvärde	142
163. Manöver	143
RELÄSKYDD OCH STYRNING	145
164. Lokala skydd	145
165. Reläskydd	145
166. Störningsskrivare	150
DATAKOMMUNIKATION	151
167. Datakommunikation och protokoll	151
168. Kommunikationsprotokollen 101, 102, 103 och 104	152
169. ELCOM och ICCP, mellan olika driftcentraler	152
170. Standarden IEC 61850	152
171. PLC-kommunikation	154
172. Fältbussar och Industrial Ethernet.....	155
ANLÄGGNINGSSABETE, SCADA-SYSTEM	157
173. Tillträde till datorrum och/eller vid service av elektronik	157
174. Dokumentation	157
175. Litterering.....	159
176. Felsökning	160
177. Några speciella komponenter	161
178. Datagolv	165
179. Projekt.....	166
180. Anläggningsarbete ('hemma' och anläggningsplatsen).....	167
PERSONSÄKERHET	171
181. Person säkerheten.....	171
182. Branschstandarderna ESA och ELSA.....	174
183. Telefem	175
184. Stegspänning	175
185. Induktion	175
186. Influens.....	176
187. Bakspänning eller bakmatning.....	176
188. Att arbeta med strömtransformatorer (IT)	176
189. Författarens egna "HSE-tankar"	176
SAKREGISTER	178

1. Förord

Det finns en otrolig mängd fackuttryck {Buzz Words} i energibranschen så det är lätt att känna sig lite vilse ...

Syftet med denna bok är att ge en praktisk orientering om vad ett elnät {Power System} är och vilka system som omgärdar detta. Här beskrivs funktionalitet, uppbyggnad, hjälp- och kringsystem, ingående komponenter och deras uppgift samt bakgrundshistoria. Detta är ett område som de flesta inte vet så mycket om och det är få som förstår helheten.

Boken kan läsas som kurslitteratur eller som ett uppslagsverk när man vill ha förklaring till begrepp man stöter på. Bokens inledande delarna är:

- **Introduktion**
- **Historia**
- **Magasinering**
- **Generering**
- **Transmission**
- **Distribution**

Nedanstående delar är fördjupningsområden som är något mer tekniskt inriktade än de inledande kapitlen ovan. Dessa mer omfattande kapitlen har fått följande namn:

- **Primär- och sekundärkomponenter i elnätet**
- **SCADA-system samt hjälp- och reservkraftanläggningar**
- **Processdatainsamlingssystem (I/O-delen mot den elektriska processen)**
- **Skydd (traditionellt kallade Reläskydd)**
- **Datakommunikation**
- **Anläggningsarbete på site samt el- och personsäkerhet (HSE)**

Boken är uppbyggd så att begrepp och förklaringar i texten refererar till **325 bilder och illustrationer** där begreppen får en djupare förklaring för att förstärka förståelsen och därmed också inläringen.

Mängder av engelska begrepp används i dagligt tal i arbetslivet och därför visas många av dessa begrepp i boken inom klammerparenteser { }. På så sätt får du som läsare ta del av dessa viktiga engelska begrepp i sitt rätta sammanhang i boken.

I den löpande texten finns det ibland hänvisningar till andra kapitel i boken, detta för att du på ett enkelt och naturligt sätt ska hitta både mer information och få en bredare och fördjupad förklaring/kunskap.

Sist i boken finns ett omfattande sakregister, **1200 begrepp**, som ska underlätta ditt sökande efter kunskap!

Tilläggs kan att jag använder ett visst stort företags produktbilder i boken, det är inte för att förfördela något annat företag. Det känns naturligt då jag har arbetat där länge, har kunskapen och även tillstånd att använda dessa bilder.

2. Författaren Kent Mayer

Författaren har under sina mer än 55 år i arbetslivet verkat som: Elmekaniker, elektriker, styrningstekniker, serviceingenjör, systemingenjör, heltidsutbildare, linjechef, arbetsmiljöingenjör och platschef utomlands i ett antal anläggningsprojekt i elkraftsbranschen. Efter pensionering 2017 så genomför han teknikutbildningar på yrkeshögskolor, mot kommunala bolag samt privata företag. Han har också hunnit med att bistå Hitachi Energy som teknikkonsult och HSE-specialist under >2 år.

Han har tidigare skrivit en bok med titeln ”Datakommunikation i praktiken” och även tagit fram en 48-sidig skrift med namnet ”Arbetsmiljöordlista” då han alltid har ett ”HSE-tänk” i sin roll som teknikkonsult och utbildare.



Kent Mayer, elkraftingenjör, utbildare och författare.