



# 目 次

## 1 総 論

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1.1 配電の推移とその特異性 ..... | 13 |
| 1.1.1 配電の推移 .....     | 13 |
| 1.1.2 配電の特異性 .....    | 16 |
| 1.2 電気の質と配電 .....     | 16 |
| 1.3 配電の現状 .....       | 17 |
| 演習問題 .....            | 17 |

## 2 配電方式

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 2.1 配電電圧 .....               | 19 |
| 2.1.1 配電系統の標準電圧 .....        | 19 |
| 2.1.2 配電電圧の区分 .....          | 20 |
| 2.1.3 1次系と2次系 .....          | 20 |
| 2.2 配電方式 .....               | 21 |
| 2.2.1 単相交流方式 .....           | 21 |
| 2.2.2 3相交流方式 .....           | 21 |
| 2.2.3 内外における配電方式と配電電圧 .....  | 22 |
| 2.2.4 各種配電方式別の所要電線量の比較 ..... | 25 |
| 2.3 配電系統の構成 .....            | 25 |
| 2.3.1 フィーダ, 幹線および分岐線 .....   | 25 |
| 2.3.2 樹枝状方式 .....            | 25 |
| 2.3.3 環状方式 .....             | 26 |
| 2.3.4 バンキング方式 .....          | 27 |
| 2.3.5 1次ネットワーク方式 .....       | 28 |

|                        |                       |    |
|------------------------|-----------------------|----|
| 2.3.6                  | 2次ネットワーク方式            | 28 |
| 2.4                    | 需要家供給方式               | 29 |
|                        | 演習問題                  | 29 |
| <b>3 配電線の線路定数と回路解析</b> |                       |    |
| 3.1                    | 抵抗                    | 31 |
| 3.2                    | インダクタンス               | 32 |
| 3.2.1                  | 1本の導体の磁束鎖交数           | 32 |
| 3.2.2                  | 線路のインダクタンス            | 33 |
| 3.2.3                  | 大地を含むインダクタンス          | 34 |
| 3.3                    | 大地帰路インピーダンス           | 39 |
| 3.3.1                  | 相当大地面から求める大地帰路インピーダンス | 39 |
| 3.3.2                  | カーソン・ポラチェックの式による場合    | 40 |
| 3.3.3                  | 計算結果                  | 41 |
| 3.4                    | 静電容量と漏れ抵抗             | 42 |
| 3.4.1                  | 不平衡電線配置の場合            | 42 |
| 3.4.2                  | 幾何学的平均距離を使用した場合       | 44 |
| 3.4.3                  | 作用静電容量                | 44 |
| 3.4.4                  | 実系統の静電容量              | 44 |
| 3.4.5                  | 漏れ抵抗                  | 45 |
| 3.5                    | 回路網理論                 | 45 |
| 3.5.1                  | 人-△と△-人               | 45 |
| 3.5.2                  | 重ねの定理                 | 45 |
| 3.5.3                  | テブナンの定理               | 45 |
| 3.5.4                  | 定電圧源と定電流源             | 46 |
| 3.5.5                  | ノートンの定理               | 46 |
| 3.5.6                  | 並列発電機の定理              | 46 |
| 3.5.7                  | ミルマンの定理               | 47 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 3・5・8 相反の定理         | 47 |
| 3・5・9 置換の定理         | 47 |
| 3・5・10 補償の定理        | 47 |
| 3・5・11 4端子回路網       | 47 |
| 3・6 直接法による解析        | 48 |
| 3・7 対称座標法による解析      | 48 |
| 3・7・1 対称座標法         | 48 |
| 3・7・2 3相3線式回路の解析    | 51 |
| 3・7・3 人結線3相4線式回路の解析 | 53 |
| 3・8 クラーク座標法による解析    | 59 |
| 3・8・1 クラーク座標法       | 59 |
| 3・8・2 3相3線式回路の解析    | 62 |
| 3・9 2相回路理論による解析     | 63 |
| 3・9・1 2相回路理論        | 63 |
| 3・9・2 単相3線式回路の解析    | 66 |
| 3・10 V結線3相4線式回路の解析  | 67 |
| 3・10・1 回路解析の基本式     | 67 |
| 演習問題                | 72 |

## 4 定常時の電気的特性

|                      |    |
|----------------------|----|
| 4・1 配電線の基本形          | 73 |
| 4・1・1 配電特性に関する係数     | 73 |
| 4・1・2 給電点が1点の場合      | 75 |
| 4・1・3 給電点が2点以上ある場合   | 81 |
| 4・1・4 環状バンク系系の電流分布計算 | 84 |
| 4・2 1次系の計算           | 88 |
| 4・2・1 3相3線式非接地系の計算   | 88 |
| 4・2・2 人結線3相4線式系の計算   | 90 |

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 4・2・3 | 3相3線式ループ配電系の計算     | 91  |
| 4・3   | 2次系の計算             | 93  |
| 4・3・1 | 単相3線式系の計算          | 93  |
| 4・3・2 | V結線3相4線式灯動共用方式系の計算 | 97  |
|       | 演習問題               | 104 |

## 5 故障計算と故障保護継電方式

|       |                        |     |
|-------|------------------------|-----|
| 5・1   | 配電系統の供給支障事故            | 105 |
| 5・1・1 | 供給支障事故の実態              | 105 |
| 5・1・2 | 故障点抵抗の実態               | 106 |
| 5・2   | 故障計算の解析法               | 108 |
| 5・2・1 | 直接法                    | 108 |
| 5・2・2 | 3相3線式系の座称座標法による解法      | 108 |
| 5・2・3 | Y結線3相4線式系の対称座標法による解法   | 109 |
| 5・2・4 | 3相3線式系のクラーク座標法による解法    | 109 |
| 5・2・5 | 単相3線式系の2相回路理論による解法     | 115 |
| 5・2・6 | V結線3相4線式系のクラーク座標法による解法 | 115 |
| 5・2・7 | 3相短絡電流の計算法             | 115 |
| 5・3   | 1次系の故障保護               | 119 |
| 5・3・1 | 放射状△結線非接地系の故障保護        | 119 |
| 5・3・2 | 放射状高インピーダンス接地系の故障保護    | 122 |
| 5・3・3 | 放射状人結線3相4線式系の故障保護      | 125 |
| 5・3・4 | 放射状配電線故障区間自動検出方式       | 132 |
| 5・3・5 | ループ方式の故障保護             | 133 |
| 5・3・6 | 柱上変圧器の故障保護             | 137 |
| 5・4   | 2次系の故障保護               | 139 |
| 5・4・1 | 放射状単相3線方式の故障保護         | 139 |

|                       |                 |     |
|-----------------------|-----------------|-----|
| 5.4.2                 | V結線3相4線式系の故障保護  | 142 |
| 5.4.3                 | バンク方式の故障保護      | 142 |
| 5.4.4                 | ネットワーク方式の故障保護   | 151 |
|                       | 演習問題            | 154 |
| <b>6 配電システムの管理と運用</b> |                 |     |
| 6.1                   | 負荷の特性           | 155 |
| 6.1.1                 | 負荷曲線            | 155 |
| 6.1.2                 | 各種需要諸係数         | 158 |
| 6.2                   | 配電線路の電圧調整       | 166 |
| 6.2.1                 | サービスレベルと電圧調整    | 166 |
| 6.2.2                 | 電圧調整の考え方        | 168 |
| 6.2.3                 | 図式的電圧降下配分法      | 169 |
| 6.2.4                 | 自動電圧調整          | 170 |
| 6.2.5                 | 電圧調整の実系統への応用    | 174 |
| 6.3                   | 電力損失軽減と力率改善     | 176 |
| 6.3.1                 | 線路抵抗損失          | 176 |
| 6.3.2                 | 線路抵抗損失と電圧降下との関係 | 177 |
| 6.3.3                 | 電力損失の測定         | 178 |
| 6.3.4                 | 負荷不平衡による損失増加    | 181 |
| 6.3.5                 | 柱上変圧器の損失        | 184 |
| 6.3.6                 | 力率改善            | 186 |
| 6.3.7                 | 電力損失軽減          | 192 |
| 6.4                   | 誘導障害            | 194 |
| 6.4.1                 | 静電誘導            | 195 |
| 6.4.2                 | 電磁誘導            | 197 |
| 6.4.3                 | 共通中性線多重接地系の電磁誘導 | 200 |
| 6.5                   | 電圧動揺            | 201 |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| <b>6.6 自動制御</b> .....   | <b>207</b> |
| 6.6.1 自動制御の目的 .....     | 207        |
| 6.6.2 各種自動制御方式 .....    | 208        |
| <b>6.7 保安対策</b> .....   | <b>211</b> |
| 6.7.1 低圧線の感電事故 .....    | 211        |
| 6.7.2 諸外国における保安対策 ..... | 213        |
| 6.7.3 わが国の保安対策 .....    | 215        |
| <b>演習問題</b> .....       | <b>219</b> |

## 7 配電計画

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>7.1 配電系統計画の考え方</b> ..... | <b>221</b> |
| <b>7.2 負荷分布の調査</b> .....    | <b>222</b> |
| <b>7.3 変圧器の負荷管理</b> .....   | <b>223</b> |
| 7.3.1 負荷設備による方法 .....       | 223        |
| 7.3.2 負荷測定による方法 .....       | 223        |
| 7.3.3 kWh による方法 .....       | 224        |
| 7.3.4 過負荷表示器による方法 .....     | 224        |
| 7.3.5 その他の方法 .....          | 224        |
| <b>7.4 配電計画と経済的検討</b> ..... | <b>225</b> |
| 7.4.1 経済的考え方 .....          | 225        |
| 7.4.2 サービスレベル .....         | 226        |
| 7.4.3 変電所の設計 .....          | 227        |
| 7.4.4 1次系の設計 .....          | 229        |
| 7.4.5 2次系の設計 .....          | 232        |
| <b>演習問題</b> .....           | <b>238</b> |

## 8 架空電線路

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>8.1 支持物</b> ..... | <b>239</b> |
|----------------------|------------|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 8.1.1 | 支持物の種類       | 239 |
| 8.1.2 | 装柱材料         | 241 |
| 8.1.3 | 装柱           | 242 |
| 8.1.4 | 支線, その他      | 243 |
| 8.1.5 | 建柱           | 244 |
| 8.1.6 | 支持物の強度       | 245 |
| 8.2   | 架線材料         | 247 |
| 8.2.1 | 電線の種類        | 247 |
| 8.2.2 | 架線および接続材料    | 248 |
| 8.2.3 | 機械的強度        | 249 |
| 8.3   | 柱上変圧器        | 250 |
| 8.3.1 | 巻鉄心変圧器       | 251 |
| 8.3.2 | CSP変圧器       | 251 |
| 8.3.3 | CSPB変圧器      | 252 |
| 8.3.4 | 美化装柱用柱上変圧器   | 252 |
| 8.3.5 | 65°C変圧器      | 252 |
| 8.4   | 開閉器          | 253 |
| 8.4.1 | 柱上油入開閉器      | 253 |
| 8.4.2 | 自動式柱上油入開閉器   | 253 |
| 8.4.3 | 故障区間検出用区分開閉器 | 254 |
| 8.4.4 | 柱上気中開閉器      | 254 |
| 8.4.5 | 柱上真空開閉器      | 254 |
| 8.4.6 | 高圧カットアウト     | 254 |
| 8.5   | 避雷器          | 255 |
| 8.5.1 | 雷害の実態        | 255 |
| 8.5.2 | 誘導雷と耐雷設計     | 255 |
| 8.5.3 | 配電用避雷器の種類と規格 | 256 |
| 8.5.4 | 避雷器の施設基準     | 258 |



|                |     |
|----------------|-----|
| 9.5.2 事故点の探索方法 | 273 |
| 演習問題           | 275 |

## 10 屋内配線方式

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 10.1 屋内配線の回路方式        | 277 |
| 10.1.1 電気方式           | 277 |
| 10.2 屋内配線施設と電線およびケーブル | 279 |
| 10.2.1 施設場所と配線方法の種類   | 279 |
| 10.2.2 電線の種類          | 279 |
| 10.3 屋内配線用機器と工事材料     | 281 |
| 10.3.1 機器             | 281 |
| 10.3.2 配線工事材料         | 283 |
| 10.4 屋内配線の保護          | 284 |
| 10.4.1 屋内配線の事故        | 284 |
| 10.4.2 屋内配線の保護        | 284 |
| 10.5 ビル・工場の電気施設と配電    | 286 |
| 演習問題                  | 287 |

## 11 配電の近代化と問題点

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 11.1 需要増の想定と配電の特異性     | 289 |
| 11.1.1 需要増加率           | 289 |
| 11.1.2 サービスレベルについての考え方 | 290 |
| 11.1.3 配電の特異性          | 290 |
| 11.2 配電の近代化とその問題点      | 290 |
| 11.2.1 都心部過密地域         | 290 |
| 11.2.2 都市部過密地域         | 291 |
| 参考文献                   | 293 |
| 索引                     | 297 |

|                |     |
|----------------|-----|
| 目 次            | 11  |
| 9.5.2 事故点の探索方法 | 273 |
| 演習問題           | 275 |

## 10 屋内配線方式

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 10.1 屋内配線の回路方式        | 277 |
| 10.1.1 電気方式           | 277 |
| 10.2 屋内配線施設と電線およびケーブル | 279 |
| 10.2.1 施設場所と配線方法の種類   | 279 |
| 10.2.2 電線の種類          | 279 |
| 10.3 屋内配線用機器と工事材料     | 281 |
| 10.3.1 機 器            | 281 |
| 10.3.2 配線工事材料         | 283 |
| 10.4 屋内配線の保護          | 284 |
| 10.4.1 屋内配線の事故        | 284 |
| 10.4.2 屋内配線の保護        | 284 |
| 10.5 ビル・工場の電気施設と配電    | 286 |
| 演習問題                  | 287 |

## 11 配電の近代化と問題点

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 11.1 需要増の想定と配電の特異性     | 289 |
| 11.1.1 需要増加率           | 289 |
| 11.1.2 サービスレベルについての考え方 | 290 |
| 11.1.3 配電の特異性          | 290 |
| 11.2 配電の近代化とその問題点      | 290 |
| 11.2.1 都心部過密地域         | 290 |
| 11.2.2 都市部過密地域         | 291 |
| 参考文献                   | 293 |
| 索引                     | 297 |