

트랜스포머 회로 해석 중급 문제 20

문제 1. 변압비 $a = 10$ 인 트랜스포머에서 2차 부하 임피던스가 $Z_L = 10 + j6\Omega$ 일 때, 1차측에 반사되는 임피던스를 구하시오.

풀이. 트랜스포머의 반사 임피던스 공식은 다음과 같습니다.

$$Z'_L = a^2 Z_L$$

여기서

$$a = 10, \quad Z_L = 10 + j6\Omega$$

따라서

$$Z'_L = 10^2 \times (10 + j6) = 100 \times (10 + j6) = 1000 + j600\Omega$$

해설. 트랜스포머 변압비의 제곱을 곱해 2차 임피던스를 1차측으로 반사한다. 복소 임피던스도 동일하게 변환한다. 이 방법으로 2차측 부하 임피던스가 1차측에서 어느 정도 부하로 작용하는지 알 수 있다.

답.

$$Z'_L = 1000 + j600\Omega$$

문제 2. 1차 권선 저항 $R_1 = 1\Omega$, 누설 리액턴스 $X_1 = 2\Omega$, 2차 권선 저항 $R_2 = 0.5\Omega$, 누설 리액턴스 $X_2 = 1\Omega$, 변압비 $a = 10$ 인 트랜스포머에서 2차 부하 임피던스가 $Z_L = 10 + j6\Omega$ 일 때 1차 등가 임피던스를 구하시오.

풀이. 우선 2차 임피던스 Z_L 과 2차 권선 임피던스를 합칩니다.

$$Z_2 = R_2 + jX_2 + Z_L = 0.5 + j1 + (10 + j6) = (0.5 + 10) + j(1 + 6) = 10.5 + j7\Omega$$

다음으로 이 임피던스를 1차측으로 반사시킵니다.

$$Z'_2 = a^2 Z_2 = 10^2 \times (10.5 + j7) = 100 \times (10.5 + j7) = 1050 + j700\Omega$$

마지막으로 1차 권선 임피던스를 더해 전체 1차 등가 임피던스를 구합니다.

$$Z_{eq1} = R_1 + jX_1 + Z'_2 = 1 + j2 + 1050 + j700 = (1 + 1050) + j(2 + 700) = 1051 + j702\Omega$$

해설. 2차측 권선 임피던스와 부하 임피던스를 합산 후, 변압비 제곱만큼 1차측으로 반사해야 한다. 그리고 1차측 권선 임피던스를 더해 실제 1차측에서의 등가 임피던스를 완성한다.

답.

$$Z_{eq1} = 1051 + j702\Omega$$

문제 3. 1차측 전압이 220 V, 1차 등가 임피던스가 $100 + j60\Omega$ 일 때, 1차 전류 크기와 유효전력을 구하시오.

풀이. 임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{100^2 + 60^2} = \sqrt{10000 + 3600} = \sqrt{13600} \approx 116.62 \Omega$$

1차 전류 크기:

$$I_1 = \frac{V_1}{|Z|} = \frac{220}{116.62} \approx 1.887 A$$

유효 전력(저항에서 소비되는 전력):

$$P = I_1^2 R = (1.887)^2 \times 100 \approx 3.56 \times 100 = 356 W$$

해설. 임피던스의 크기를 구한 후 전압을 나누어 전류 크기를 구한다. 유효전력은 저항성분에서만 소비되므로 전류의 제곱과 저항을 곱하여 계산한다.

답.

$$I_1 \approx 1.887 A, \quad P \approx 356 W$$

문제 4. 변압비가 12인 트랜스포머에서 2차 임피던스가 $20 + j10 \Omega$ 일 때, 1차 임피던스 반사 후 1차 전류가 2 A일 때, 1차 전압을 구하시오.

풀이. 1차 임피던스 반사:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 12^2 \times (20 + j10) = 144 \times (20 + j10) = 2880 + j1440 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z'_L| = \sqrt{2880^2 + 1440^2} = \sqrt{8,294,400 + 2,073,600} = \sqrt{10,368,000} \approx 3,220 \Omega$$

1차 전압:

$$V_1 = I_1 \times |Z'_L| = 2 \times 3220 = 6440 V$$

해설. 1차 임피던스 반사 후, 임피던스 크기를 구해 1차 전류와 곱하여 전압을 산출한다.

답.

$$V_1 \approx 6440 V$$

문제 5. 1차측 권선 저항 $R_1 = 2 \Omega$, 누설 리액턴스 $X_1 = 3 \Omega$, 변압비 $a = 15$, 2차 부하 임피던스 $30 + j15 \Omega$ 일 때, 1차 등가 임피던스를 구하시오.

풀이. 2차 임피던스:

$$Z_L = 30 + j15 \Omega$$

1차측으로 반사:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 15^2 (30 + j15) = 225(30 + j15) = 6750 + j3375 \Omega$$

1차측 임피던스 합:

$$Z_{eq1} = R_1 + jX_1 + Z'_L = 2 + j3 + 6750 + j3375 = (2 + 6750) + j(3 + 3375) = 6752 + j3378 \Omega$$

해설. 2차 부하 임피던스를 변압비 제곱으로 1차측에 반사시키고 1차 권선 임피던스를 더하여 등가 임피던스를 구한다.

답.

$$Z_{eq1} = 6752 + j3378 \Omega$$

문제 6. 철손 저항 $R_c = 500 \Omega$, 자기 리액턴스 $X_m = 3000 \Omega$ 인 철손 회로가 포함된 트랜스포머에서 입력 임피던스를 구하시오.

풀이. 철손 회로는 병렬 연결이므로 병렬 임피던스 공식으로 계산한다.

$$Z_{in} = \frac{R_c \times jX_m}{R_c + jX_m}$$

분모와 분자에 켈레복소수를 곱하여 실수분모로 만듭니다.

$$Z_{in} = \frac{500 \times j3000}{500 + j3000} = \frac{j1,500,000}{500 + j3000}$$

켈레복소수: $500 - j3000$

$$Z_{in} = \frac{j1,500,000 \times (500 - j3000)}{(500 + j3000)(500 - j3000)} = \frac{j1,500,000 \times (500 - j3000)}{500^2 + 3000^2}$$

분모:

$$500^2 + 3000^2 = 250,000 + 9,000,000 = 9,250,000$$

분자:

$$j1,500,000 \times 500 = j750,000,000$$

$$j1,500,000 \times (-j3000) = -j^2 4,500,000,000 = +4,500,000,000$$

따라서 분자 합:

$$j750,000,000 + 4,500,000,000 = 4,500,000,000 + j750,000,000$$

따라서

$$Z_{in} = \frac{4,500,000,000 + j750,000,000}{9,250,000} \approx 486.49 + j81.08 \Omega$$

해설. 철손 저항과 자기 리액턴스는 병렬 연결이며, 병렬 임피던스 계산법을 통해 입력 임피던스를 산출한다.

답.

$$Z_{in} \approx 486.49 + j81.08 \Omega$$

문제 7. 1차 등가 임피던스가 $200 + j120 \Omega$ 이고 1차 전압이 230 V일 때, 1차 전류와 유효전력을 계산하시오.

풀이. 임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{200^2 + 120^2} = \sqrt{40000 + 14400} = \sqrt{54400} \approx 233.24 \Omega$$

1차 전류:

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{230}{233.24} \approx 0.986 A$$

유효전력:

$$P = I^2 R = (0.986)^2 \times 200 \approx 0.972 \times 200 = 194.4 W$$

해설. 임피던스 크기로 전류를 구하고, 저항 성분을 이용해 유효전력을 산출한다.

답.

$$I \approx 0.986 A, \quad P \approx 194.4 W$$

문제 8. 변압비가 15이고 2차 부하 임피던스가 $30 + j15 \Omega$ 일 때, 1차측 임피던스와 1차 전류를 구하시오. 1차 전압은 230 V이다.

풀이. 1차측 임피던스:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 15^2 (30 + j15) = 225(30 + j15) = 6750 + j3375 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z'_L| = \sqrt{6750^2 + 3375^2} = \sqrt{45,562,500 + 11,390,625} = \sqrt{56,953,125} \approx 7546.8 \Omega$$

1차 전류:

$$I = \frac{V}{|Z'_L|} = \frac{230}{7546.8} \approx 0.0305 A$$

해설. 1차측 임피던스를 구하고 전압으로 나누어 전류를 구한다.

답.

$$Z'_L = 6750 + j3375 \Omega, \quad I \approx 0.0305 A$$

문제 9. 1차 전압 110 V, 1차 권선 임피던스 $Z_1 = 5 + j3 \Omega$, 변압비 $a = 20$, 2차 부하 임피던스 $Z_L = 2 + j1 \Omega$ 일 때 1차 전류를 구하시오.

풀이. 2차 임피던스를 1차로 반사:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 20^2 (2 + j1) = 400(2 + j1) = 800 + j400 \Omega$$

1차 등가 임피던스:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z'_L = (5 + j3) + (800 + j400) = 805 + j403 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z_{eq}| = \sqrt{805^2 + 403^2} \approx \sqrt{648,025 + 162,409} = \sqrt{810,434} \approx 900.24 \Omega$$

전류:

$$I_1 = \frac{V_1}{|Z_{eq}|} = \frac{110}{900.24} \approx 0.122 A$$

해설. 2차 부하 임피던스를 변압비 제곱으로 1차로 반사하고, 1차 권선 임피던스와 합산 후 전류를 구한다.

답.

$$I_1 \approx 0.122 A$$

문제 10. 트랜스포머 1차 권선의 누설 리액턴스가 4Ω , 저항이 1Ω 이고, 부하가 $50 + j30 \Omega$ 일 때 1차 전류를 구하시오. 1차 전압은 $240 V$, 변압비는 1이다(무변압비 상황).

풀이. 등가 임피던스:

$$Z_{eq} = R_1 + jX_1 + Z_L = 1 + j4 + 50 + j30 = (1 + 50) + j(4 + 30) = 51 + j34 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z_{eq}| = \sqrt{51^2 + 34^2} = \sqrt{2601 + 1156} = \sqrt{3757} \approx 61.31 \Omega$$

전류:

$$I = \frac{V}{|Z_{eq}|} = \frac{240}{61.31} \approx 3.91 A$$

해설. 권선 저항, 누설 리액턴스, 부하 임피던스를 합산해 전체 임피던스를 구하고 전압을 나누어 전류를 산출한다.

답.

$$I \approx 3.91 A$$

문제 11. 1차측 전압 $110 V$, 등가 임피던스 $Z_{eq} = 10 + j6 \Omega$ 일 때, 전류의 크기와 위상각을 구하시오.

풀이. 임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{10^2 + 6^2} = \sqrt{100 + 36} = \sqrt{136} \approx 11.66 \Omega$$

전류 크기:

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{110}{11.66} \approx 9.44 A$$

위상각 θ :

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{6}{10} \right) = \tan^{-1}(0.6) \approx 30.96^\circ$$

해설. 임피던스의 크기로 전류 크기를 구하고, 임피던스의 허수부와 실수부 비로 위상각을 구해 전류 위상을 산출한다.

답.

$$I \approx 9.44 \text{ A}, \quad \theta \approx 31^\circ$$

문제 12. 1차 권선 저항 $R_1 = 0.5 \Omega$, 누설 리액턴스 $X_1 = 1 \Omega$, 2차 권선 저항 $R_2 = 0.2 \Omega$, 누설 리액턴스 $X_2 = 0.8 \Omega$, 변압비 $a = 8$, 2차 부하 임피던스 $Z_L = 5 + j3 \Omega$ 일 때, 1차 등가 임피던스를 구하시오.

풀이. 2차 임피던스 합산:

$$Z_2 = R_2 + jX_2 + Z_L = 0.2 + j0.8 + 5 + j3 = 5.2 + j3.8 \Omega$$

1차측으로 반사:

$$Z'_2 = a^2 Z_2 = 8^2 (5.2 + j3.8) = 64(5.2 + j3.8) = 332.8 + j243.2 \Omega$$

1차 임피던스 합산:

$$Z_{eq1} = R_1 + jX_1 + Z'_2 = 0.5 + j1 + 332.8 + j243.2 = 333.3 + j244.2 \Omega$$

해설. 2차측 임피던스와 권선 임피던스를 합산 후 변압비 제곱만큼 1차측으로 반사한다.

답.

$$Z_{eq1} = 333.3 + j244.2 \Omega$$

문제 13. 변압비 $a = 5$, 2차 부하 임피던스가 $15 + j9 \Omega$, 1차 권선 임피던스 $2 + j1 \Omega$, 1차 전압 220 V 일 때 1차 전류를 구하시오.

풀이. 2차 임피던스 1차 반사:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 5^2 (15 + j9) = 25(15 + j9) = 375 + j225 \Omega$$

1차 등가 임피던스:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z'_L = (2 + j1) + (375 + j225) = 377 + j226 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z_{eq}| = \sqrt{377^2 + 226^2} = \sqrt{142,129 + 51,076} = \sqrt{193,205} \approx 439.5 \Omega$$

전류:

$$I_1 = \frac{220}{439.5} \approx 0.5 \text{ A}$$

해설. 2차 부하 임피던스를 변압비 제곱으로 1차로 반사 후 1차 권선 임피던스를 합산하고 전류를 계산한다.

답.

$$I_1 \approx 0.5 \text{ A}$$

문제 14. 1차 임피던스가 $50 + j30 \Omega$, 1차 전압이 110 V일 때, 전류의 위상각과 유효전력을 구하시오.

풀이. 임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{50^2 + 30^2} = \sqrt{2500 + 900} = \sqrt{3400} \approx 58.31 \Omega$$

전류 크기:

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{110}{58.31} \approx 1.89 \text{ A}$$

위상각:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{30}{50} \right) = \tan^{-1}(0.6) \approx 30.96^\circ$$

유효전력:

$$P = I^2 R = (1.89)^2 \times 50 \approx 3.57 \times 50 = 178.5 \text{ W}$$

해설. 임피던스 크기로 전류를 구하고, 위상각은 허수부/실수부 비로 계산한다. 유효전력은 저항 성분과 전류의 제곱 곱으로 산출한다.

답.

$$I \approx 1.89 \text{ A}, \quad \theta \approx 31^\circ, \quad P \approx 178.5 \text{ W}$$

문제 15. 변압비 $a = 7$, 2차 부하 임피던스 $20 + j10 \Omega$, 1차 권선 임피던스 $1 + j2 \Omega$ 일 때, 1차 등가 임피던스를 구하시오.

풀이. 2차 임피던스 1차 반사:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 7^2 (20 + j10) = 49(20 + j10) = 980 + j490 \Omega$$

1차 등가 임피던스:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z'_L = (1 + j2) + (980 + j490) = 981 + j492 \Omega$$

해설. 2차 부하 임피던스를 변압비 제곱으로 1차측에 반사시키고 1차 임피던스와 합한다.

답.

$$Z_{eq} = 981 + j492 \Omega$$

문제 16. 철손 저항 $R_c = 800 \Omega$, 자기 리액턴스 $X_m = 2500 \Omega$ 인 병렬 회로의 임피던스를 구하시오.

풀이. 병렬 임피던스 공식:

$$Z = \frac{R_c \times jX_m}{R_c + jX_m}$$

켈레복소수 곱셈 후 계산: 분모:

$$R_c^2 + X_m^2 = 800^2 + 2500^2 = 640,000 + 6,250,000 = 6,890,000$$

분자:

$$j(800 \times 2500) = j2,000,000$$

곱셈:

$$Z = \frac{j2,000,000(800 - j2500)}{6,890,000} = \frac{j1,600,000,000 - j^25,000,000,000}{6,890,000} = \frac{j1,600,000,000 + 5,000,000,000}{6,890,000}$$

따라서

$$Z \approx 725.5 + j232.3 \Omega$$

해설. 철손 저항과 자기 리액턴스는 병렬 연결이므로 병렬 임피던스 계산 공식을 사용한다.

답.

$$Z \approx 725.5 + j232.3 \Omega$$

문제 17. 1차 등가 임피던스가 $150 + j100 \Omega$, 1차 전압이 220 V일 때, 1차 전류와 유효전력을 구하시오.

풀이. 임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{150^2 + 100^2} = \sqrt{22500 + 10000} = \sqrt{32500} \approx 180.28 \Omega$$

전류:

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{220}{180.28} \approx 1.22 A$$

유효전력:

$$P = I^2 R = (1.22)^2 \times 150 = 1.49 \times 150 = 223.5 W$$

해설. 임피던스 크기로 전류를 산출하고, 저항 성분과 전류 제곱 곱으로 유효전력을 구한다.

답.

$$I \approx 1.22 A, \quad P \approx 223.5 W$$

문제 18. 변압비 $a = 9$, 2차 부하 임피던스 $25 + j15 \Omega$, 1차 권선 임피던스 $2 + j1 \Omega$ 일 때, 1차 등가 임피던스를 구하시오.

풀이. 2차 임피던스 1차 반사:

$$Z'_L = a^2 Z_L = 9^2(25 + j15) = 81(25 + j15) = 2025 + j1215 \Omega$$

1차 등가 임피던스:

$$Z_{eq} = Z_1 + Z'_L = (2 + j1) + (2025 + j1215) = 2027 + j1216 \Omega$$

해설. 2차 부하 임피던스를 변압비 제곱으로 반사시키고 1차 임피던스와 합산한다.

답.

$$Z_{eq} = 2027 + j1216 \Omega$$

문제 19. 1차 임피던스가 $30 + j20 \Omega$, 1차 전압이 120 V일 때, 1차 전류 크기와 위상각을 구하시오.

풀이. 임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{30^2 + 20^2} = \sqrt{900 + 400} = \sqrt{1300} \approx 36.06 \Omega$$

전류:

$$I = \frac{V}{|Z|} = \frac{120}{36.06} \approx 3.33 A$$

위상각:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{20}{30} \right) = \tan^{-1}(0.6667) \approx 33.69^\circ$$

해설. 임피던스 크기로 전류 크기를 구하고 위상각을 허수부/실수부 비로 구한다.

답.

$$I \approx 3.33 A, \quad \theta \approx 33.7^\circ$$

문제 20. 트랜스포머 1차 권선 저항이 3Ω , 누설 리액턴스가 4Ω 이고, 부하가 $40 + j24 \Omega$ 일 때, 1차 전류 크기를 구하시오. 1차 전압은 220 V, 변압비는 1이다.

풀이. 등가 임피던스:

$$Z_{eq} = R_1 + jX_1 + Z_L = 3 + j4 + 40 + j24 = 43 + j28 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z_{eq}| = \sqrt{43^2 + 28^2} = \sqrt{1849 + 784} = \sqrt{2633} \approx 51.31 \Omega$$

전류:

$$I = \frac{V}{|Z_{eq}|} = \frac{220}{51.31} \approx 4.29 \text{ A}$$

해설. 권선 저항, 누설 리액턴스, 부하 임피던스를 합산 후 전압을 나누어 전류 크기를 계산한다.

답.

$$I \approx 4.29 \text{ A}$$