

Projekt instalacji elektrycznej domu jednorodzinnego wraz z przyłączem nn



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI
I INFORMATYKI

Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Autor: Adam Urban
Nr albumu: 100412
Data: Styczeń 2025
Miejscowość: Lublin



POLITECHNIKA
LUBELSKA

1. Stan istniejący i projektowany

Działka nr 99 jest położona przy głównej drodze w miejscowości Rudka Kozłowiecka w gminie Niemce. Wzdłuż drogi przebiega linia napowietrzna nN 230/400 V; wykonana przewodem $4 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ AL}$, która jest zasilana z transformatora 63 kVA.

Planowany budynek jednorodzinny posiadał będzie:

- kotłownię gazową, która oprócz ogrzewania będzie zaopatrywała budynek w cieplą wodę spożywczą
- własne ujęcie wody – studnia głębinowa na terenie posesji - silnik elektryczny o mocy 2,2 kW; $\eta = 0,9$; $\cos \varphi = 0,92$
- kuchnię elektryczną trójfazową o mocy 8,8 kW
- zestaw komputerowy z drukarką laserową pobierający podczas drukowania moc 1 kW.

W linii ogrodzenia działki ustawiony jest słup linii napowietrznej nN, oddalony od stacji transformatorowej o 440 m. Projekt obejmuje przyłącze kablowe o długości 30 m do linii nN, instalację odbiorczą w budynku i oświetlenie. W budynku należy zainstalować następujące rozdzielnice:

- RG – rozdzielnica główna budynku,
- RP – rozdzielnica parteru,
- RP1 – rozdzielnica I piętro.

Wyciąg z technicznych warunków przyłączenia

1. Moc zainstalowana: 39,4 kW.
2. Moc szczytowa: $P_s = 24,16 \text{ kW}$.
3. System ochrony od porażek:
 - a. linia zasilająca : TN-C,
 - b. WLZ, instalacja odbiorcza: TN-S.
4. Układ pomiarowy: trójfazowy bezpośredni, zainstalowany w szafce licznikowo-złączowej ustawionej w linii ogrodzenia działki.
5. W instalacji odbiorczej należy zainstalować ochronnik przepięciowy.
6. Zabezpieczenie przedlicznikowe: WTN2gG 100 A.

2. Bilans Mocy

Rozdzielnica	Obiekt	Moc zainstalowana Pi	Współczynnik jednoczesności k	Moc obliczeniowa	Moc szczytowa Ps
-	-	kW	-	kW	kW
RG	RP	25,6	-	15,68	24,16
	RP1	13,8	-	8,48	
RP	Gniazda	24	0,6	14,4	15,68
	Oprawy	1,6	0,8	1,28	
RP1	Gniazda	12,8	0,6	7,68	8,48
	Oprawy	1	0,8	0,8	

Łączna moc szczytowa wynosi 24,16 kW, a łączna moc zainstalowana wynosi 39,4 kW.

3. Wstępny dobór kabla przyłącza zasilającego

$$I_B = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi}$$

$$I_B = \frac{24160}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 36,71 A$$

$$I_B = 36,71 \leq I_N = 100 A \leq I_z$$

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 100}{1,45} = 110,34 A$$

I_B – prąd znamionowy obciążenia,

I_N – prąd znamionowy zabezpieczenia,

I_z – wymagany minimalny prąd długotrwałego obciążenia,

k_2 – współczynnik krotności prądu powodującego zadziałanie zabezpieczającego w określonym umownym czasie, przyjmowanym jako: 1,6 – 2,1 dla wkładek bezpiecznikowych, oraz 1,45 – dla wyłączników instalacyjnych nad prądowych o charakterystyce B; C; D.

Przewód przyłączeniowy zabezpieczony jest bezpiecznikiem topikowym typu WTN2gG 100A, umieszczonym w stacji transformatorowej 15/0,4 kV o mocy 63 kVA. Stacja ta zasila napowietrzną linię niskiego napięcia wykonaną przewodem aluminiowym o przekroju 4x70 mm².

4. Wstępny dobór WLZ

$$I_B = 37,9 \leq I_N = 100 A \leq I_z$$

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 100}{1,45} = 110,34 A$$

Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej kabli ułożonych w ziemi warunek spełnia kabel YAKXS 4x16mm².

5. Wstępny dobór przewodów zasilających poszczególne rozdzielnice wewnętrzowe RP i RP1

5.1. RP

$$I_B = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi}$$
$$I_B = \frac{15680}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 23,82 \text{ A}$$
$$I_B = 23,82 \leq I_N = 25 \text{ A} \leq I_Z$$
$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 25}{1,45} = 27,59 \text{ A}$$

Zabezpieczenie przewodu i rozdzielnicy RP jest wyłącznik nadprądowy S301 B32. Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej przewodów ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 5x10mm², który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

5.2. RP1

$$I_B = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi}$$
$$I_B = \frac{8480}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 12,88 \text{ A}$$
$$I_B = 12,88 \leq I_N = 16 \text{ A} \leq I_Z$$
$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 16}{1,45} = 17,66 \text{ A}$$

Zabezpieczenie przewodu i rozdzielnicy RP1 jest wyłącznik nadprądowy S301 B25. Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej przewodów ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 5x4mm², który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

6. Wstępny dobór przewodów instalacji odbiorczej

6.1. Obwody gniazd (Który jest najbardziej obciążony)

$$I_B = \frac{P_s}{U_N \cdot \cos\varphi} = \frac{4 \cdot 800}{230 \cdot 1} = \frac{3200}{230 \cdot 1} = 13,31 \text{ A}$$
$$I_B = 13,31 \leq I_N = 16 \text{ A} \leq I_Z$$
$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 16}{1,45} = 16 \text{ A}$$

Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej przewodów ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 3x2,5 mm², który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

6.2. Obwody oświetlenia (Który jest najbardziej obciążony)

$$I_B = \frac{P_s}{U_N \cdot \cos\varphi} = \frac{4 \cdot 100}{230 \cdot 0,92} = \frac{400}{230 \cdot 0,95} = 1,89 \text{ A}$$
$$I_B = 1,89 \leq I_N = 10 \text{ A} \leq I_Z$$
$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 10}{1,45} = 10 \text{ A}$$

Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej przewodów ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 3x1,5 mm², który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

6.3. Obwód silnia elektrycznego pracującego jako pompa w studni

$$I_B = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi} = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 3,18 \text{ A}$$

$$I_B = 3,18 \leq I_N = 16 \text{ A} \leq I_Z$$

$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 16}{1,45} = 16 \text{ A}$$

Silnik posiada duże prądy rozruchowe, więc został dobrany bezpiecznik nadprądowy 16A. Użytkowanie zabezpieczenia S303C16 umożliwia jego bezawaryjny rozruch bez konieczności stosowania odpowiednich zabezpieczeń topikowych. Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 5x2,5, który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

6.4. Obwód kuchni elektrycznej

$$I_B = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos\varphi} = \frac{8800}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 12,7 \text{ A}$$

$$I_B = 12,7 \leq I_N = 16 \text{ A} \leq I_Z$$

$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 16}{1,45} = 16 \text{ A}$$

Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej przewodów ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 5x4, który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

6.5. Komputer z drukarką pracujący w trakcie drukowania

$$I_B = \frac{P_S}{U_N \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 1} = 4,35 \text{ A}$$

$$I_B = 4,35 \leq I_N = 16 \text{ A} \leq I_Z$$

$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_N}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 16}{1,45} = 16 \text{ A}$$

Za pomocą tabeli długotrwałej obciążalności prądowej przewodów ułożonych w ścianie został dobrany przewód YDYżo 3x2,5 mm², który spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej.

7. Sprawdzenie dobranych przewodów na warunki zwarciowe

7.1. Wyznaczenie impedancji systemu elektroenergetycznego i jej składowe

$$Z_{kQ} = \frac{c \cdot U_N^2}{S''_{KQ}} \cdot \left(\frac{U_{DN}}{U_{GN}} \right)^2 = \frac{1,1 \cdot 15000^2}{63 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{400}{15000} \right)^2 = 2,778 \text{ m}\Omega$$

$$X_{kQ} = 0,995 \cdot Z_{kQ} = 0,995 \cdot 2,778 \cdot 10^{-3} = 2,764 \text{ m}\Omega$$

$$R_{kQ} = 0,1 \cdot X_{kQ} = 0,1 \cdot 2,764 = 0,2764 \text{ m}\Omega$$

7.2. Wyznaczanie impedancji transformatora i jej składowe po stronie nN

$$R_{kT} = \frac{\Delta P_{Cu} \cdot U_N^2}{S_N} = \frac{1200 \cdot 400^2}{(63 \cdot 10^3)^2} = 48,4 \text{ m}\Omega$$

$$X_T = \frac{\Delta U_{X\%} \cdot U_N^2}{100 \cdot S_N} = \frac{4,5 \cdot 400^2}{100 \cdot 63 \cdot 10^3} = 114,29 \text{ m}\Omega$$

$$Z_T = \sqrt{(R_T^2 + X_T^2)} = \sqrt{(48,4^2 + 114,29^2)} = 124,12 \text{ m}\Omega$$

7.3. Wyznaczanie impedancji linii napowietrznej nN 4x70 AL o długości l = 440 m

$$R_{L1} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{440}{34 \cdot 70} = 0,185 \Omega$$

$$X_{L1} = X' \cdot l = 0,4 \cdot 0,44 = 0,176 \Omega$$

$$Z_{L1} = \sqrt{(R_{L1})^2 + (X_{L1})^2} = \sqrt{(0,185^2 + 0,176^2)} = 0,255 \Omega$$

7.4. Wyznaczanie zwarcia na końcu linii napowietrznej nN

$$R_k = R_{kQ} + R_{kT} + R_{L1} = 0,2764 \cdot 10^{-3} + 48,4 \cdot 10^{-3} + 0,185 = 0,234 \Omega$$

$$X_k = X_{kQ} + X_T + X_{L1} = 2,764 \cdot 10^{-3} + 114,29 \cdot 10^{-3} + 0,176 = 0,293 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(R_k)^2 + (X_k)^2} = \sqrt{(0,234^2 + 0,293^2)} = 0,375 \Omega$$

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,375} = 677,42 A$$

$$x = 1,02 + 0,98e^{(-3 \frac{R}{X})} = 1,02 + 0,98e^{(-3 \frac{0,234}{0,293})} = 1,109$$

$$i_p = \sqrt{2} \cdot x \cdot I''_{k3} = \sqrt{2} \cdot 1,109 \cdot 677,42 = 1062,44 A$$

7.5. Wyznaczanie rezystancji linii kablowej przyłącza

$$R_{L2} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{30}{34 \cdot 70} = 0,013 \Omega$$

$$X_{L2} = X' \cdot l = 0,4 \cdot 0,03 = 0,012 \Omega$$

7.6. Wyznaczanie zwarcia na końcu linii kablowej przyłącza

$$R_k = R_{kQ} + R_{kT} + R_{L1} + R_{L2} = 0,2764 \cdot 10^{-3} + 48,4 \cdot 10^{-3} + 0,185 + 0,013 = 0,247 \Omega$$

$$X_k = X_{kQ} + X_T + X_{L1} + X_{L2} = 2,764 \cdot 10^{-3} + 114,29 \cdot 10^{-3} + 0,176 + 0,012 = 0,305 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(R_k)^2 + (X_k)^2} = \sqrt{(0,247^2 + 0,305^2)} = 0,393 \Omega$$

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,393} = 646,4 A$$

$$x = 1,02 + 0,98e^{(-3 \frac{R}{X})} = 1,02 + 0,98e^{(-3 \frac{0,247}{0,305})} = 1,101$$

$$i_p = \sqrt{2} \cdot x \cdot I''_{k3} = \sqrt{2} \cdot 1,101 \cdot 677,42 = 1054,78 A$$

7.7. Wyznaczanie rezystancji linii przewodu WLZ

$$R_{WLZ} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{20}{34 \cdot 16} = 0,0368 \Omega$$

$$X_{WLZ} = X' \cdot l = 0,4 \cdot 0,02 = 0,008 \Omega$$

7.8. Wyznaczanie zwarcia w rozdzielnicy głównej RG

$$R_{RG} = R_{kQ} + R_{kT} + R_{L1} + R_{L2} + R_{WLZ} =$$

$$= 0,2764 \cdot 10^{-3} + 48,4 \cdot 10^{-3} + 0,185 + 0,013 + 0,0368 = 0,284 \Omega$$

$$X_{RG} = X_{kQ} + X_T + X_{L1} + X_{L2} + X_{WLZ} =$$

$$= 2,764 \cdot 10^{-3} + 114,29 \cdot 10^{-3} + 0,176 + 0,012 + 0,008 = 0,313 \Omega$$

$$Z_{RG} = \sqrt{(R_{RG}^2 + X_{RG}^2)} = \sqrt{(0,284^2 + 0,313^2)} = 0,423 \Omega$$

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,423} = 600,55 A$$

$$x = 1,02 + 0,98e^{(-3\frac{R}{X})} = 1,02 + 0,98e^{(-3\frac{0,284}{0,313})} = 1,084$$

$$i_p = \sqrt{2} \cdot x \cdot I''_{k3} = \sqrt{2} \cdot 1,084 \cdot 600,55 = 920,65 A$$

8. Sprawdzenie skuteczności zabezpieczeń zwarciovych

8.1. W rozdzielnicy RP najdłuższy obwód instalacji o przekroju 2,5mm² ma długość 20 metrów

$$R_{obw2,5} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{10}{55 \cdot 2,5} = 0,08 \Omega$$

$$R_k = R_{kQ} + R_{kT} + 2 \cdot (R_{L1} + R_{L2} + R_{WLZ} + R_{RP} + R_{obw2,5}) =$$

$$= 0,2764 \cdot 10^{-3} + 48,4 \cdot 10^{-3} + 0,185 + 0,013 + 0,0368 + 0,284 + 0,08 = 0,648 \Omega$$

$$X_k = X_{kQ} + X_T + 2 \cdot X_{L1} = X_k = 2,764 \cdot 10^{-3} + 114,29 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,176 = 0,469 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(R_k^2 + X_k^2)} = \sqrt{(0,648^2 + 0,469^2)} = 0,8 \Omega$$

$$I_k = \frac{c \cdot U_N}{Z_k} = \frac{0,95 \cdot 230}{0,8} = 273,13 A$$

273,13 A > I_a B16 = 80A

Warunek został spełniony

8.2. W rozdzielnicy RP najdłuższy obwód instalacji o przekroju 1,5mm² ma długość 10 metrów

$$R_{obw1,5} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{10}{55 \cdot 1,5} = 0,121 \Omega$$

$$R_k = R_{kQ} + R_{kT} + 2 \cdot (R_{L1} + R_{L2} + R_{WLZ} + R_{RP} + R_{obw1,5}) =$$

$$= 0,2764 \cdot 10^{-3} + 48,4 \cdot 10^{-3} + 0,185 + 0,013 + 0,0368 + 0,284 + 0,121 = 0,689 \Omega$$

$$X_k = X_{kQ} + X_T + 2 \cdot X_{L1} = X_k = 2,764 \cdot 10^{-3} + 114,29 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,176 = 0,469 \Omega$$

$$Z_k = \sqrt{(R_k^2 + X_k^2)} = \sqrt{(0,689^2 + 0,469^2)} = 0,835 \Omega$$

$$I_k = \frac{c \cdot U_N}{Z_k} = \frac{0,95 \cdot 230}{0,835} = 261,68 A$$

261,68 A > I_a B10 = 50A

Warunek został spełniony

9. Sprawdzenie dobranych kabli oraz przewodów na podstawie spadków napięć

9.1. Kabel przyłącza

$$\Delta U_p = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U_N^2} = \frac{24160 \cdot 30 \cdot 100\%}{34 \cdot 70 \cdot 400^2} = 0,013\% < 1\%$$

Warunek został spełniony

9.2. Przewód WLZ

$$\Delta U_{WLZ} = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U_N^2} = \frac{24160 \cdot 20 \cdot 100\%}{55 \cdot 16 \cdot 400^2} = 0,038\% < 0,5\%$$

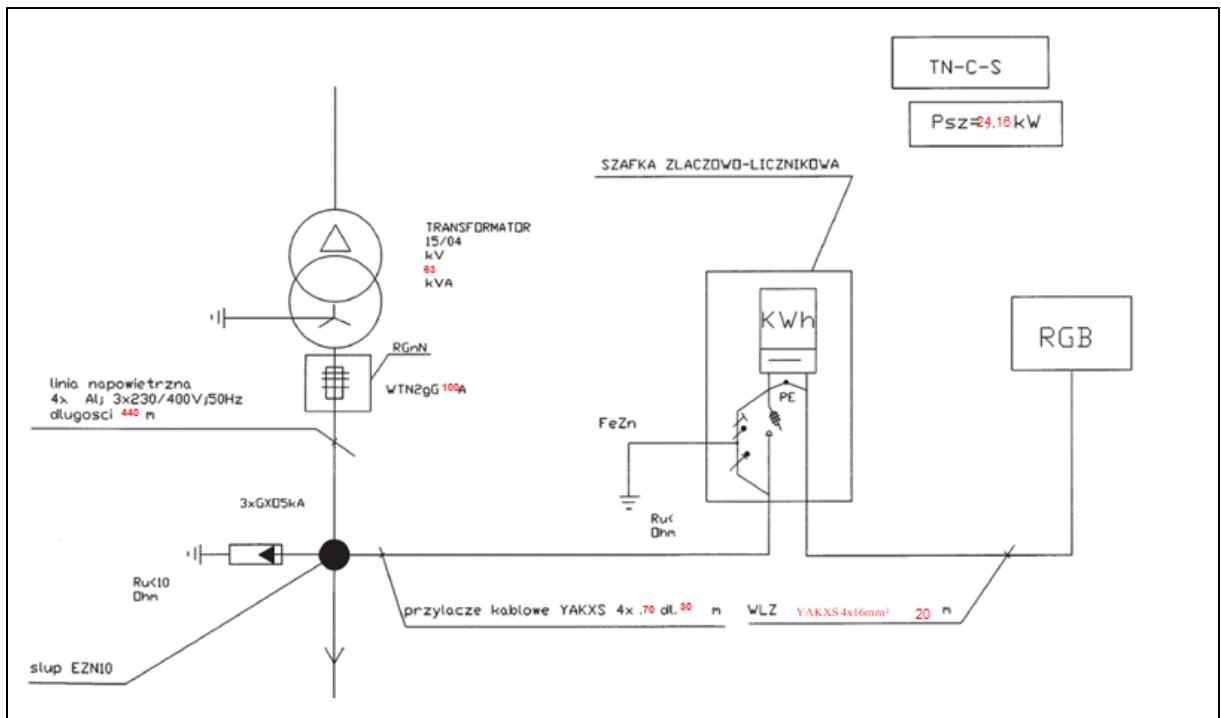
Warunek spełniony

9.3. RP Najdłuższy obwód 2,5mm²

$$\Delta U_p = \frac{P \cdot l \cdot 100\%}{\gamma \cdot S \cdot U_N^2} = \frac{2400 \cdot 20 \cdot 100\%}{55 \cdot 2,5 \cdot 230^2} = 0,7\% < 1\%$$
$$\Delta U_{WLZ} + \Delta U_{RG} + \Delta U_P = 0,013\% + 0,038\% + 0,7 = 0,75\% < 4\%$$

Warunek spełniony

10. Rysunki oraz schematy



Rys. E0 Schemat Przyłącza