



**INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
FUNDUSZ SPÓJNOŚCI



**Załącznik nr 12 do Regulaminu Konkursu nr 2/PO liŚ/9.2/2014**

**Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2007 - 2013**

**Priorytet IX. Infrastruktura energetyczna  
przyjazna środowisku i efektywność energetyczna**

**Działanie 9.2.**

**Efektywna dystrybucja energii**

**SZACOWANIE OGRANICZENIA STRAT  
ENERGII ELEKTRYCZNEJ  
W WYNIKU REALIZACJI PROJEKTU**



**NARODOWY FUNDUSZ  
OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ**

## Elektroenergetyka

- I. W celu obliczenia średniego stopnia obciążenia transformatora SN/nn należy skorzystać z następującego wzoru:

Wzór 1

$$k_{SN/nn} = (E_{snn} / (\sum S_{tr} \times \cos\varphi \times T)) \times k1$$

gdzie:

- $k_{SN/nn}$  – średni stopień obciążenia transformatora SN/nn,  
 $E_{snn}$  [MWh] – energia elektryczna sprzedana w ciągu roku na niskim napięciu w taryfach C, G i R, zgodnie ze sprawozdaniem G.10.4,<sup>1</sup>  
 $\sum S_{tr}$  [MVA] – suma mocy transformatorów sieciowych (SN/nn) pracujących w danym roku w spółce (bez transformatorów rezerwowych w magazynach), zgodnie ze sprawozdaniem G.10.5,<sup>2</sup>  
 $\cos\varphi$  – założony współczynnik mocy – 0,90,  
 $T$  [h] – roczny czas pracy transformatora ( $T=8760$  h),  
 $k1$  – współczynnik korekcyjny stosowany w przypadku, jeżeli wymieniany jest transformator o mocy obecnie nieprodukowanej na jednostkę o mocy niższej. W przypadku wymiany transformatora „moc za moc”  $k1=1$ .

Wzór 2

$$k1 = S_{Ns} / S_{Nn}$$

gdzie:

- $S_{Ns}$  [kVA] – moc znamionowa starego transformatora,  
 $S_{Nn}$  [kVA] – moc znamionowa nowego transformatora.

- II. W celu obliczenia średniego obciążenia transformatora dwuuzwojeniowego 110/SN należy skorzystać z następującego wzoru:

Wzór 3

$$k_{110/SN} = P_{110} / S_{N110} \times \cos\varphi$$

gdzie:

- $k_{110/SN}$  – średnie stopień obciążenia transformatora 110/SN,  
 $P_{110}$  [MW] – średnie obciążenie transformatora 110/SN (na podstawie pomiarów za 2007 rok),

<sup>1</sup> Ostatnie sprawozdanie dostępne za cały rok,

<sup>2</sup> j.w.

- $S_{N110}$  [MVA] – moc znamionowa transformatora 110/SN,  
 $\cos\varphi$  – założony współczynnik mocy – 0,90.

**III. W celu obliczenia wysokości rocznych strat energii w starym transformatorze należy skorzystać z następującego wzoru:**

Wzór 4

$$E_{trs} = T \times (P_{js} + P_{os} \times k^2) / 1000 \text{ [MWh]}$$

gdzie:

- $E_{trs}$  [MWh] – straty energii elektrycznej w starym transformatorze (przed wymianą),  
 $T$  [h] – roczny czas pracy transformatora ( $T=8760$  h),  
 $P_{js}$  [kW] – znamionowe straty jałowe starego transformatora,  
 $P_{os}$  [kW] – znamionowe straty obciążeniowe starego transformatora,  
 $k$  – średni stopień obciążenia transformatora; w przypadku transformatorów SN/nn  $k=k_{SN/nn}$  (wzór 1), w przypadku transformatorów dwuuzwojeniowych 110/SN  $k=k_{110/SN}$  (wzór 3).

**IV. W celu obliczenia wysokości rocznych strat energii w nowym transformatorze należy skorzystać z następującego wzoru:**

Wzór 5

$$E_{trn} = T \times (P_{jn} + P_{on} \times k^2) / 1000 \text{ [MWh]}$$

gdzie:

- $E_{trn}$  [MWh] – straty energii elektrycznej w nowym transformatorze,  
 $T$  [h] – roczny czas pracy transformatora ( $T=8760$  h),  
 $P_{jn}$  [kW] – znamionowe straty jałowe nowego transformatora,  
 $P_{on}$  [kW] – znamionowe straty obciążeniowe nowego transformatora,  
 $k$  – średni stopień obciążenia transformatora w przypadku transformatorów SN/nn  $k=k_{SN/nn}$  (wzór 1), w przypadku transformatorów 110/SN  $k=k_{110/SN}$  (wzór 3).

**V. W celu obliczenia wielkości ograniczenia rocznych strat energii wynikających z wymiany starego transformatora na nowy należy skorzystać z następującego wzoru:**

Wzór 6

$$\Delta E_{tr} = (E_{trs} - E_{trn}) \times (1 + (\Delta P_{SN} + \Delta E_{WN}) / 100) \text{ [MWh]}$$

gdzie:

- $\Delta E_{tr}$  [MWh] – ograniczenie strat wynikających z wymiany starego transformatora na nowy,  
 $E_{trs}$  [MWh] – straty energii elektrycznej w starym transformatorze (przed wymianą) wg wzoru 4,

- $E_{trn}$  [MWh] – straty energii elektrycznej w nowym transformatorze wg wzoru 5,
- $\Delta P_{SN}$  [%] – procentowy wskaźnik strat energii elektrycznej w sieci średniego napięcia, liczony jako iloraz strat w sieci SN do całkowitej energii wprowadzonej do sieci spółki; przy obliczeniach ograniczenia strat dla transformatorów mocy wskaźnik jest równy 0,
- $\Delta P_{WN}$  [%] – procentowy wskaźnik strat energii elektrycznej w sieci wysokiego napięcia, liczony jako iloraz strat w sieci WN do całkowitej energii wprowadzonej do sieci spółki.

**VI. W celu obliczenia wskaźnika redukcji jednostkowych strat energii elektrycznej na poziomie projektu należy skorzystać z następującego wzoru:**

Wzór 7

$$O = (\sum \Delta E_{tr} / \sum E_{trs}) * 100 \text{ [%]}$$

gdzie:

- $O$  [%] – wskaźnik redukcji jednostkowych strat energii elektrycznej na poziomie projektu,
- $\sum \Delta E_{tr}$  [MWh] – suma rocznego ograniczenia strat energii wynikających z wymiany wszystkich starych transformatorów na nowe w ramach projektu,
- $\sum E_{trs}$  [MWh] – suma rocznych strat energii elektrycznej we wszystkich starych transformatorach (przed wymianą) w ramach projektu.

**VII. W celu obliczenia kosztu uzyskania oszczędności 1MWh energii elektrycznej należy skorzystać ze wzoru:**

Wzór 8

$$W_{tr} = N / \sum (\Delta E_{tr} \times T_{tr}) \text{ [zł/MWh]}$$

gdzie:

- $W_{tr}$  [zł/MWh] – koszt uzyskania oszczędności 1 MWh energii elektrycznej,
- $N$  [zł] – nakłady na realizację projektu,
- $\Delta E_{tr}$  [MWh] – ograniczenie strat energii elektrycznej po wymianie transformatora, na nowy wg wzoru 6,
- $T_{tr}$  – rzeczywisty czas pracy transformatora z dokładnością do 1 miesiąca, uwzględniający harmonogram wymian, obliczony dla każdego transformatora osobno – będzie to czas od 30 lat (dla jednostek wymienionych w pierwszym roku realizacji projektu) do 25 lat (dla jednostek wymienianych jako ostatnie). Czas podajemy w liczbach dziesiętnych z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku (np. 29,92).

## INSTRUKCJA

### PRZYKŁAD:

Założono, że projekt składa się z wymiany jednego transformatora 100 kVA na nowy transformator o tej samej mocy znamionowej.

Dane statystyczne niezbędne do obliczenia wysokości oszczędności strat energii w wyniku realizacji projektu:

$\Sigma S_{tr}$  – 6159 [MVA] suma moc transformatorów rozdzielczych (SN/nn) - sprawozdanie G.10.5 (bez transformatorów rezerwowych w magazynach),

$E_{snn}$  – 7197028 [MWh] energia elektryczna sprzedana na niskim napięciu - sprawozdanie G.10.4,

$\Delta P_{SN}=3,5\%$

$\Delta E_{WN}=1,5\%$

Stary transformator

$S_{Ns}=100$  kVA

znamionowe straty jałowe starego transformatora  $P_{js}=0,57$  kW

znamionowe straty obciążeniowe starego transformatora  $P_{os}=2,3$  kW

Nowy transformator

$S_{Nn}=100$  kVA

znamionowe straty jałowe nowego transformatora  $P_{jn}=0,18$  kW

znamionowe straty obciążeniowe nowego transformatora  $P_{on}=1,6$  kW

1. Obliczenie średniego stopnia obciążenia transformatora SN/nn wg wzoru 1:

Wymiana transformatora moc za moc  $k1=1$

$$k_{SN/nn}=(E_{snn} / (\Sigma S_{tr} \times \cos\varphi \times T)) \times k1 = (7197028 / (6159 \times 0,9 \times 8760)) \times 1 = 0,148$$

2. Obliczenie wysokości rocznych strat energii w starym transformatorze wg wzoru 4:

$$E_{trs} = T \times (P_{js} + P_{os} \times k^2) / 1000 \text{ [MWh]} = 8760 \times (0,57 + 2,3 \times 0,148^2) = 5,435 \text{ MWh}$$

3. Obliczenie wysokości rocznych strat energii w nowym transformatorze wg wzoru 5:

$$E_{trn} = T \times (P_{jn} + P_{on} \times k^2) / 1000 \text{ [MWh]} = 8760 \times (0,18 + 1,6 \times 0,148^2) = 1,884 \text{ MWh}$$

4. Obliczenie wielkości ograniczenia rocznych strat energii wynikających z wymiany starego transformatora na nowy wg wzoru 6:

$$\Delta E_{tr} = (E_{trs} - E_{trn}) \times (1 + (\Delta P_{SN} + \Delta E_{WN}) / 100) \text{ [MWh]} = (5,435 - 1,884) \times (1 + (3,5 + 1,5) / 100) = 3,729 \text{ MWh}$$

5. Obliczenie wskaźnika redukcji jednostkowych strat energii elektrycznej na poziomie projektu wg wzoru 7:

$$O = (\Sigma \Delta E_{tr} / \Sigma E_{trs}) * 100 \text{ [%]} = 3,729 / 5,435 = 68,6\%$$

6. Obliczenie kosztu uzyskania oszczędności 1MWh energii elektrycznej wg wzoru 8:

nakłady na realizację projektu  $N = 22000,00 \text{ zł}$

rzeczywisty czas pracy transformatora  $T_{tr} = 27 \text{ lat}$

$$W_{tr} = N / (\Sigma (\Delta E_{tr} \times T_{tr})) \text{ [zł/MWh]} = 22000 / (3,729 \times 30) = 218,53 \text{ zł/MWh}$$