
WYBRANE ZAGROŻENIA STWARZANE PRZEZ ZASILACZE UPS W CZASIE PROWADZENIA AKCJI
RATOWNICZO-GAŚNICZEJ

mgr inż. Marcin Orzechowski, mgr inż. Julian Wiatr

Wstęp

Urządzenie wyposażone w baterie akumulatorów takie jak np.: zasilacze UPS itp. stwarzają zagrożenie dla osób znajdujących się w budynku objęty akcją ratowniczo-gaśniczą.

Przeciwpożarowy wyłącznik prądu był wielokrotnie opisywany w literaturze. Pomimo tego w dalszym ciągu spotykamy się z dużą liczbą wątpliwości w zakresie jego projektowania i wykonywania dla zasilaczy UPS oraz urządzeń wyposażonych w baterie akumulatorów.

Kolejnym problemem jest energia zgromadzona w bateriach akumulatorów, która pomimo wyłączenia samego urządzenia pozostaje i może stanowić zagrożenie.

Niniejszy artykuł jest próbą odpowiedzi na część z tych wątpliwości.

1. Wymagania prawne

W Polsce nie ma wymagań w zakresie wyłączenia przeciwpożarowego zasilaczy bezprzerwowych „UPS” (ang. **uninterruptible power supply**) oraz urządzeń posiadających baterie akumulatorów stanowiących zasobnik energii. Żaden z obowiązujących aktów prawnych w Polsce nie wymienia zasilaczy UPS jako elementu systemu zasilania budynku.

Kolejnym problemem coraz częściej spotykanym w budynkach są zasilacze stosowane do zasilania urządzeń ppoż. Zgodnie z obowiązującymi przepisami [4; 20] zasilacze stosowane w instalacjach bezpieczeństwa muszą uzyskać świadectwo dopuszczenia, wydane przez CNBOP - PIB w Józefowie. Zakres badań tych zasilaczy definiują normy przedmiotowe PN-EN 54-4: 2002 „Systemy sygnalizacji pożarowej. Część 4: Zasilacze.” [9] oraz PN-EN 12101-10: 2007 „Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 10: Zasilacze” [8].

W odniesieniu do zasilaczy UPS, normy przedmiotowe nie formułują takich wymagań co powoduje, że ze względów formalnych zasilacze UPS, pomimo swoich zalet nie mogą być stosowane w obwodach bezpieczeństwa. W przypadku przeprowadzenia stosownych badań i uzyskania świadectwa dopuszczenia sytuacja zmienia się diametralnie. W praktyce jednak żaden z producentów nie zabiega o wykonanie wymaganych badań oraz uzyskanie świadectwa dopuszczenia z uwagi na dostępne na rynku zasilacze przeciwpożarowe zdefiniowane w normach przedmiotowych jako UZS. W normach [8] i [9] są to normy „produktowe” i brak jest w nich wymagań w zakresie m.in. ochrony przeciwporażeniowej oraz awaryjnego wyłączenia tych urządzeń. Zatem kwestie związane z projektowaniem instalacji elektrycznych z urządzeniami współpracującymi z magazynem energii w postaci baterii akumulatorów takimi jak np.: zasilacze UPSy, zasilacze UZS należy projektować w oparciu o aktualne normy oraz zasady wiedzy technicznej analogicznie jak dla pozostałych urządzeń.

Obowiązujące przepisy prawne precyzują wymagania jakie należy spełnić w zakresie zasilania budynków w trakcie pożaru. Podstawowym dokumentem w tym zakresie pozostaje **Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie** (Dz. U. z 2015 roku poz.1422) [3]. W tabeli 1 zostały przedstawione wymagania wynikające z tego rozporządzenia.

Tabela 1: Wymagania dotyczące zasilania budynków w czasie pożaru, określone w rozporządzeniu [3]

| Lp. | Nr paragrafu | Tekst paragrafu |
|-----|--------------|---|
| 1. | § 180 pkt.2 | Instalacja i urządzenia elektryczne , przy zachowaniu przepisów rozporządzenia, przepisów odrębnych dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej , ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy , a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać: 2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami, |
| 2. | § 181 pkt.1 | Budynek, w którym zanik napięcia w elektroenergetycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, poważne zagrożenie środowiska, a także znaczne straty materialne , należy zasilac co najmniej z dwóch niezależnych, samoczynnie załączających się źródeł energii |

| | | |
|----|----------|---|
| | | elektrycznej oraz wyposażyc w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (zapasowe lub ewakuacyjne) . W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być zespół prądowórczy. |
| 3. | § 183.1. | W instalacjach elektrycznych należy stosować: 6) przeciwpożarowe wyłączniki prądu |
| 4 | § 183.2. | Przeciwpożarowy wyłącznik prądu, odcinający dopływ prądu do wszystkich obwodów, z wyjątkiem obwodów zasilających instalacje i urządzenia, których funkcjonowanie jest niezbędne podczas pożaru, należy stosować w strefach pożarowych o kubaturze przekraczającej 1.000 m ³ lub zawierających strefy zagrożone wybuchem. |
| 5 | § 183.3. | Przeciwpożarowy wyłącznik prądu powinien być umieszczony w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub złącza i odpowiednio oznakowany. |
| 6 | § 183.4. | Odcięcie dopływu prądu przeciwpożarowym wyłącznikiem nie może powodować samoczynnego załączenia drugiego źródła energii elektrycznej, w tym zespołu prądowórczego, z wyjątkiem źródła zasilającego oświetlenie awaryjne, jeżeli występuje ono w budynku. |

W praktyce eksploatacyjnej, z uwagi na parametry napięcia zasilającego nie gwarantujące ciągłego zasilania czułych odbiorników energii elektrycznej, pomimo zgodności paramentów napięcia w sieci elektroenergetycznej z wymaganiami normy PN-EN 50160: 2011 „Parametry jakościowe napięcia w publicznych sieciach rozdzielczych”, wielokrotnie zachodzi konieczność instalacji zasilaczy UPS. Instalacja zasilacza w układzie zasilania budynku stanowi dla zasilanych z niego odbiorników **źródło odmienne od systemu elektroenergetycznego**, które wymaga odmiennego podejścia w zakresie projektowania ochrony przeciwporażeniowej oraz ochrony przeciwpożarowej.

W referacie zostaną poruszone wybrane zagadnienia związane z zapewnieniem ochrony przeciwporażeniowej oraz pewności zasilania urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru.

2. Działanie urządzeń podczas akcji ratowniczo-gaśniczej

Należy rozróżnić dwie sytuacje:

- 1) **pierwsza** - gdy zasilacz UPS lub UZS **stanowi urządzenie zasilające** urządzenia przeciwpożarowe, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru. W tej sytuacji takie urządzenie zasilające powinno być zainstalowane w osobnej strefie pożarowej.

Komentarz:

Takie rozwiązanie jest dopuszczalne pod warunkiem uzyskania jednostkowego dopuszczenia wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej w budownictwie lub zasilania urządzeń nie wymienionych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. 2016 poz. 1966) [4].

W myśl Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109/2010, poz. 719) [5], urządzenia przeciwpożarowe to stałe lub półstałe urządzenia uruchamiane ręcznie lub automatycznie, służące do:

- z zapobiegania powstaniu pożaru,
- z wykrywania powstałego pożaru,
- z zwalczania pożaru lub ograniczania jego skutków.

Urządzenia te można podzielić na:

- **wymagające zasilania do przejścia w stan pracy pożarowej,**
- **niewymagające zasilania do przejścia w stan pożarowy;**

- 2) **druga** - to sytuacja gdy zasilacz UPS (lub urządzenie o podobnej konstrukcji) **nie zasila** urządzeń, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru;

Komentarz do sytuacji pierwszej:

Jeśli zasilacz UPS lub urządzenie o zbliżonej konstrukcji zasila urządzenia funkcjonujące w czasie pożaru, **wymagające zasilania do przejścia w stan pracy pożarowej** ([3], § 181 pkt.1) takie jak:

1. oświetlenie awaryjne;
2. dźwigi dla ekip ratowniczych;
3. pompy pożarowe;
4. instalacje do odprowadzania dymu i ciepła^{*)};
5. Dźwiękowy System Ostrzegawczy (DSO)^{*)};
6. instalacje zamknięć przeciwpożarowych (napędy bram, klapy pożarowe)^{*)};
7. elementy służące do wykrywania pożaru^{*)};

to należy bezwzględnie zapewnić bezpieczeństwo użytkownika zarówno w czasie normalnej pracy (nie pożarowej) jak i w czasie pożaru.

Uwaga:

Urządzenia oznaczone ^{*)} występują w dwóch konfiguracjach jako:

- **wymagające zasilania do przejścia w stan pracy pożarowej,**
- **niewymagające zasilania do przejścia w stan pożarowy.**

Jeśli projektowane urządzenia nie wymagają zasilania do przejścia w stan pożarowy wówczas w zakresie zasilania należy stosować analogiczne zasady jak opisane w sytuacji drugiej.

W takiej sytuacji należy zastosować środki ochrony, które zabezpieczą osoby znajdujące się w obiekcie objętym akcją ratowniczą.

Wyłączenie podczas akcji ratowniczej tego urządzenia może nastąpić tylko w sytuacji gdy:

- zapaleniu uległo samo urządzenie;
 - dalsza praca powoduje zagrożenie ale osób i mienia znajdujących się w obiekcie;
 - pożar rozprzestrzenił się na pomieszczenie (strefa pożarowa), w którym się ono znajduje.
- Decyzję o wyłączeniu urządzenia podejmuje osoba kierująca akcją ratunkową.

Komentarz do sytuacji drugiej:

Jeśli zasilacz UPS nie służy do zasilania urządzeń funkcjonujących w czasie pożaru, lub które nie wymagają zasilania do przejścia w stan pracy pożarowej ([3], § 181 pkt.1) to należy projektować układ zasilania jak dla typowych warunków pracy (nie pożarowych). Wynika to z faktu, że w przypadku wykrycia zagrożenia w budynku, kierujący akcją ratowniczo-gaśniczą ma obowiązek wyłączenia, za pomocą przeciwpożarowego wyłącznika prądu, wszystkich urządzeń nie wspomagających akcji.

3. Awaryjne wyłączenie zasilacza

Zasilacz UPS (lub urządzenie o podobnej konstrukcji jak np. UZS [8], [9]) powinien posiadać możliwość wyłączenia tak jak każde urządzenie elektryczne. Należy mieć jednak świadomość, że wyłączenie dopływu energii do zasilacza UPS (lub urządzenie o podobnej konstrukcji jak np. UZS [8], [9]) nie spowoduje jego natychmiastowego wyłączenia. Współpracujące z nim baterie akumulatorów mogą dostarczać energię do zasilanych odbiorników do uzyskania poziomu rozładowania wynikającego z krzywej rozładowania.

Oczywiście każdy zasilacz UPS posiada możliwość wyłączenia z poziomu panelu operatorskiego, jednak należy pamiętać, że pomieszczenie w którym się on znajduje jest zabezpieczone przed dostępem osób nieuprawnionych. Dlatego też producenci sprzętu opracowali wyłącznik awaryjny określany jako EPO (ang. **E**mergency **P**ower **O**ff), umożliwiając zdalne wyłączenie zasilacza. Norma dotycząca zasilaczy UPS określa go natomiast jako "awaryjny aparat przerywający" (odłączający) [12].

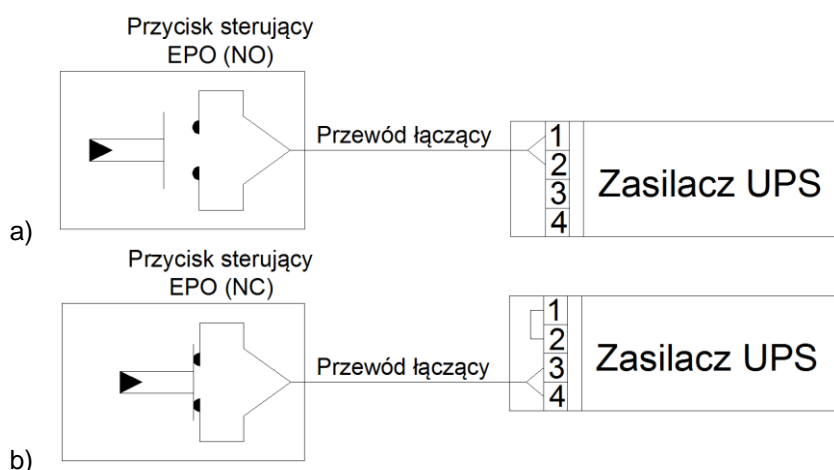
Zasilacz UPS musi być wyposażony w pojedynczy zintegrowany aparat przerywający lub zaciski przeznaczone do połączenia zdalnego awaryjnego aparatu przerywającego, który zapobiega dalszemu zasilaniu odbiorów przez UPS-a w dowolnym trybie pracy zasilacza UPS. Powyższe wymagania nie dotyczą:

- systemów przetwarzania danych o znaczeniu krytycznym
- źródła zasilania UPS o mocy nie większej niż 750 VA;
- lub obwodów bateryjnych zintegrowanych z urządzeniem elektronicznym.

Wyłącznik EPO to w praktyce łącznik elektromechaniczny wyposażony w styki, które należy wyprowadzić z portu komunikacyjnego stanowiącego wyposażenie zasilacza UPS. EPO posiadają następujące konfiguracje:

- styk normalnie otwarty (NO) – **rysunek 1a**;
- lub normalnie zamknięty (NC) – **rysunek 1b**.

Na **rysunku 1** przedstawiono przykład połączenia obwodu EPO.



Rys.1 Przykład połączenia obwodu EPO a) styk normalnie otwarty (NO); b) styk normalnie zamknięty (NC)

Skład się on z 3 części:

- zacisków przyłączeniowych (portu komunikacyjnego) zabudowanej w zasilaczu UPS;
- przewodu łączącego;
- elementu wykonawczego (przycisku EPO).

Działanie przycisku EPO **na w czasie awaryjnego wyłączenia** polega na trwałym:

- zwarcia zacisków 1-2 dla styku normalnie otwartego (NO)
- zwarcia zacisków 3-4 dla styku normalnie zamkniętego (NC)

przy pomocy łącznika przeznaczonego do tego celu. Łącznik stanowiący element wykonawczy EPO powinien posiadać odpowiednie zabezpieczenia uniemożliwiające przypadkowe jego uruchomienie.

Zadziałanie przycisku EPO powoduje podanie sygnału na jednostkę sterującą zasilacza UPS i w konsekwencji wygenerowanie stanów, które spowodują otwarcie wszystkich styczników lub przekaźników (na wejściu i wyjściu torów prądowych) oraz zamknięcie jednostki UPS, co jest równoznaczne z wyłączeniem falownika. Dodatkowo wszystkie konwertery zostają wyłączone. Baterie akumulatorów zostają rozłączone **ale co ważne energia w nich zgromadzona pozostanie**.

Zadziałanie EPO odłącza odbiorniki w każdym stanie pracy UPSa: gotowości lub w stanie zamykania UPSa, następuje także anulowanie dowolnych sygnałów i poleceń wydawanych przez jednostkę sterującą, panel operatorski lub dowolny moduł zasilacza UPS.

Typowe parametry obwodu EPO:

- minimalne napięcie obwodu powinno wynosić 24 V ($I_B = 20$ mA). Zatem jest to obwód obniżonego napięcia do wartości dopuszczalnej długotrwale (SELV) zgodnie z normą PN-EN 60950 [7]. Obwód ten musi być odseparowany od jakiegokolwiek niebezpiecznego napięcia poprzez zastosowanie izolacji wzmocnionej;
- powinien posiadać blokadę mechaniczną nieprzyłączoną do żadnego innego obwodu;
- sygnał wyłącznika awaryjnego EPO musi pozostawać aktywny co najmniej 100 ms (aby uniezależnić go od wpływu zakłóceń zewnętrznych);
- połączenia i urządzenia w obwodzie wyłącznika EPO powinny mieć izolację wzmocnioną o parametrach dla sieci zasilającej. Wymagania dotyczące wyłącznika awaryjnego obowiązujące w Europie zawiera dokument zharmonizowany HD-384-48 S1 [11];
- producenci podają maksymalną rezystancję obwodu wyłącznika EPO (na ogół jest wartość $\leq 10 \Omega$) lub minimalny przekrój przewodów sygnałowych wraz z dopuszczalną długością;
- po zadziałaniu wyłącznika EPO, w zasilaczu UPS generowany jest alarm z odpowiednią informacją tekstową, np. "Aktywacja zdalnego wyłącznika awaryjnego EPO". Alarm jest aktywny tylko wtedy, gdy sygnał sprzętowy odpowiadający EPO jest aktywny.

Powrót do stanu pracy normalnej może być przywrócony tylko po powrocie EPO do położenia wyjściowego. Wówczas styki w zasilaczu UPS również powrócą do pozycji wyjściowej. Dopiero wówczas możliwe jest przeprowadzenie ponownego uruchomienia UPSa i przywrócenie zasilania odbiorcom.

Zabezpiecza to przed przypadkowym ponownym załączeniem zasilacza UPS przez użytkownika będącego w pobliżu urządzenia, nieświadomego istniejącego niebezpieczeństwa. Wyłącznik EPO nie może być galwanicznie połączony z obwodami sieci zasilającej.

Zatem wyłącznik awaryjny określany w skrócie jako EPO może pełnić funkcję wyłącznika przeciwpożarowego prądu (w myśl [3] § 183.2.) dla zasilacza UPS oraz obwodów zasilanych z niego.

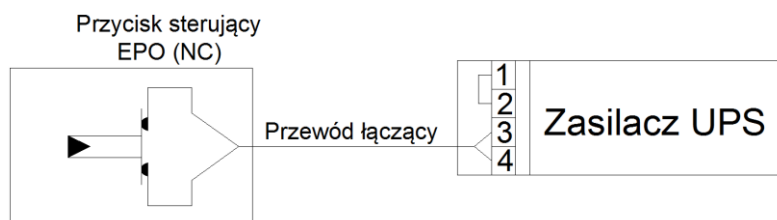
4. Zagrożenia stwarzane przez zdalne awaryjne wyłączenie zasilacza UPS lub urządzenia o pochodnej konstrukcji

Zasilacze UPS są stosowane do zasilania odbiorców, które wymagają zwiększonej pewności zasilania. Tym samym wszelkie niekontrolowane wyłączenia zasilacza UPS są niepożądane gdyż mogą powodować duże straty materialne a w skrajnym przypadku narazić zdrowie i życie ludzi. Dlatego powszechnie uważa się, że wyłącznik EPO stanowi pojedynczy punkt awarii dla systemu zasilania gwarantowanego.

Wybór sposobu realizacji awaryjnego wyłączenia zasilacza UPS powinien stanowić kompromis pomiędzy bezpieczeństwem, pewnością zasilania odbiorców oraz nakładami inwestycyjnymi. Dlatego też ważne jest aby na etapie projektowania posiadać pełną wiedzę na temat ewentualnych zagrożeń jakie może stwarzać zdalne awaryjne wyłączenie przy pomocy EPO.

4.1 Konfiguracja EPO

- a) **Wyłącznik EPO skonfigurowany w układzie styków NC (rys.2).** Otwarcie (rozwarcie) obwodu powoduje podanie sygnału do jednostki sterującej UPS i jego wyłączenie.

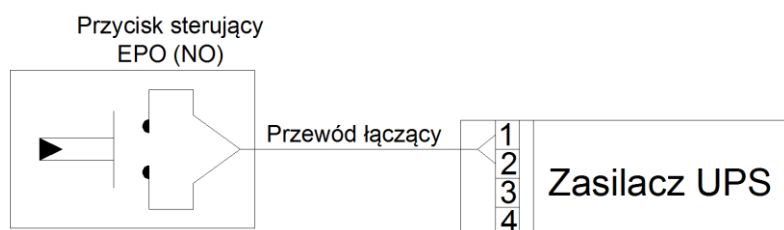


Rys.2 wyłącznik EPO w układzie styków NC

Jest to analogiczna sytuacja jak w przypadku wyzwalacza pod napięciem dla aparatów elektrycznych (rozłączniki, wyłączniki) stosowanych jako element sterujący PWP. Rozwiązanie to posiada również podobne wady [8]:

- uszkodzenie któregoś z elementów w układzie (przewód sterujący, przycisk czy połączenia) powoduje natychmiastowe wyłączenie UPS-a i pozbawienie odbiorników zasilania;
- z drugiej strony jeśli nastąpi zwarcie w obwodzie (np. na przewodzie łączącym przycisk EPO z portem komunikacyjnym), to wówczas układ zostanie pozbawiony możliwości zdalnego wyłączenia;

b) Wyłącznik EPO skonfigurowany w układzie styków NO (rys.3). Zamknięcie (zwarcie) obwodu powoduje podanie sygnału do jednostki sterującej UPS i jego wyłączenie.



Rys.3 wyłącznik EPO w układzie styków NO

Układ zachowuje się podobnie jak wyzwalacz wzrostowy dla aparatów elektrycznych (rozłączniki, wyłączniki) stosowanych jako element sterujący PWP. Z oczywistych względów posiada również podobne wady [16]:

- zwarcie w obwodzie powoduje natychmiastowe wyłączenie UPS-a i pozbawienie odbiorników dostaw energii elektrycznej;
- przerwa w obwodzie (np. na przewodzie łączącym przycisk EPO z portem komunikacyjnym), pozbawia możliwości zdalnego wyłączenia zasilacza UPS;

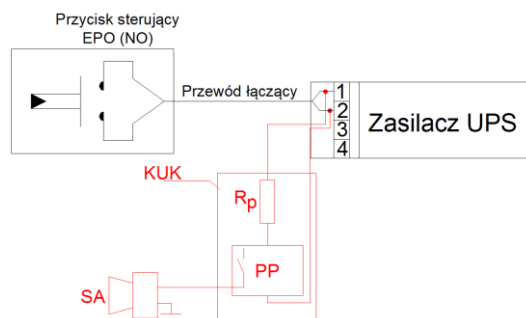
Komentarz:

Rozwiązanie oparte na EPO w układzie styków NC jest z pewnością bardziej wrażliwe na niekontrolowane zadziaływanie. Z drugiej strony EPO w układzie styków NO nie ma całkowitej pewności zadziaływania.

4.2 Kontrola obwodu EPO.

Niezadziaływanie zdalnego wyłączenia EPO jest to sytuacja, która zawsze może się zdarzyć w pracującym układzie (przyczyny zostały opisane w punkcie a i b). Nawet najlepszy projekt i jego realizacja a później regularne przeglądy instalacji niestety nie zapewniają 100 % gwarancji zadziaływania EPO w sytuacji zagrożenia.

Wyłącznik EPO skonfigurowany w układzie styków NO, zdaniem autorów jest najlepszym rozwiązaniem z punktu widzenia niezawodności działania układu zasilania gwarantowanego. Taki układ powinien zostać uzupełniony o element kontroli ciągłości obwodu oraz sygnalizacji stanu analogicznie jak proponowany dla PWP co było już opisane w [16]. Na rysunku 4 przedstawiono przykład realizacji takiego rozwiązania.



Rys.4 Przykład realizacji układu sygnalizacji stanu i kontroli ciągłości wyłącznika EPO, gdzie: KUK - Kasetę układu kontroli stanu wyłącznika EPO, SA – sygnalizator akustyczny, R_p – rezystor pomiarowy o wartości rezystancji nie mniejsze niż 20 Ω , PP – przekaźnik prądowy,

4.3 Parametry jakościowe sygnału sterującego EPO.

Innym zagrożeniem wynikającym z konstrukcji układu EPO jest jego wrażliwość na wzrost rezystancji przewodu łączącego przycisk EPO z portem komunikacyjnym zasilacza UPS. Z uwagi na fakt, że obwód EPO charakteryzuje się bardzo niskim napięciem pracy ($U \leq 24$ V) oznacza, że bardzo krytyczne stają się parametry jakościowe sygnału EPO. W tej sytuacji nie wystarczy jedynie zapewnienie „ciągłości sygnału” EPO, które jest jedynie warunkiem koniecznym wymagającym uzupełnienia o warunek dostateczny. Czyli gwarancja nieprzekroczenia dopuszczalnej wartości dopuszczalnego spadku napięcia. Z tego powodu producenci podają dla obwodu wyłącznika EPO:

- przekrój przewodu łączącego i jego max. długość;
- lub maksymalną rezystancję obwodu (najczęściej: $\leq 10 \Omega$).

Przewód łączący port komunikacyjny UPS-a z przyciskiem EPO (nie zależnie od konfiguracji (NC/NO)) powinien być wykonany przy pomocy przewodu z izolacją gwarantującą podtrzymanie funkcji przez wymagany czas:

- działania zasilanych urządzeń;
- lub prowadzenia akcji ratowniczej.

Należy pamiętać, że podczas pożaru rezystancja przewodu może wzrosnąć ponad 5 razy (pożar rozwinięty). Zatem jeśli przewód łączący będzie narażony na działanie wysokiej temperatury (nawet bez oddziaływania bezpośredniego ognia) to w zależności od konfiguracji styków wyłącznika EPO układ może:

- dla styków normalnie otwartych (NO) nie zadziałać w chwili podania sygnału z przycisku z powodu zbyt dużej rezystancji przewodu łączącego;
- dla styków normalnie zamkniętych (NC) nie zadziałać z uwagi na uszkodzenie przewodu na jego trasie. Może też dojść do błędnego jego zadziałania (pozbawiając tym samym zasilania odbiorników) z uwagi na zabezpieczenie wewnątrz zasilacza polegające na jego wyłączeniu w przypadku przekroczenia dopuszczalnej rezystancji pętli obwodu.

Dlatego też podczas doboru przewodu do wyłącznika EPO należy uwzględnić wzrost rezystancji przewodu spowodowanego temperaturą pożaru poprzez zgodnie z prawem **Wiedemanna – Franza – Lorentza** [15]. W praktyce dostatecznie dobre rezultaty dają obliczenia wykonywane za pomocą wzoru wykładniczego [15].

$$R_{T_k} = R_{20} \cdot \left(\frac{T_k}{293} \right)^{1,16} \quad (1)$$

gdzie:

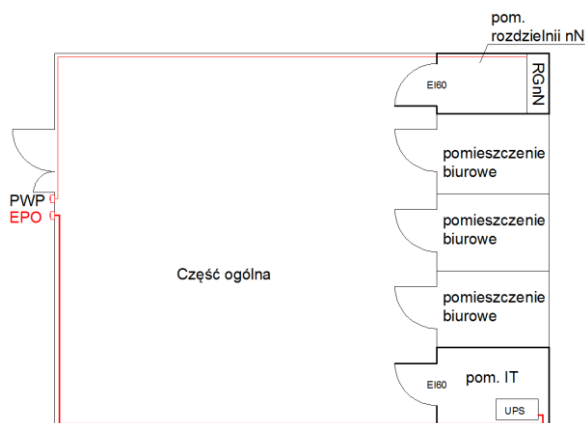
R_{T_k} - rezystancja przewodu w temperaturze T_k , [Ω],

T_k – temperatura końcowa, w której oblicza się rezystancję przewodu R_{T_k} , [K],

R_{20} - rezystancja przewodu w temperaturze 20°C , [Ω].

Przykład 1:

Wyznaczyć max. długość przewodu typu HDGS 2x1,5 (PH90) łączącego port komunikacyjny zasilacza UPS z przyciskiem EPO. Max. wartość rezystancji pętli może wynosić $10\ \Omega$. Trasa linii sterującej będzie ułożona w tak jak przedstawiono to na **rysunku P1**. Pomieszczenie IT, w którym zainstalowany jest UPS stanowi wydzieloną strefę pożarową (drzwi EI60, ściany REI 60). W przykładzie założono, wzniesienie pożaru w strefie pożarowej poza pomieszczeniem IT (część ogólna oraz pom. biurowe). Do obliczeń przyjęto upraszczające założenie, że odcinek przewodu w pomieszczeniu IT jest pomijalnie mały w stosunku do całej trasy linii. Jako temperaturę T_k w przykładzie przyjęto temperaturę 822°C jaka może wystąpić po 30 minutach w przypadku pożaru celulozowego (według „Krzywej normowej „temperatura-czas”) [15].



Rys.P1 Uproszczony rzut pomieszczeń. Pomieszczenia rozdzielni nN oraz pom. IT w którym zainstalowany jest zasilacz UPS stanowią wydzielone strefy pożarowe. Kolorem czerwonym oznaczono trasę przewodu sterującego EPO.

Obliczenia:

$$R_{20} = \frac{2 \cdot L_{\max}}{\gamma \cdot S} \Rightarrow L_{\max} = R_{20} \cdot \gamma \cdot S / 2 = 2,17 \cdot 55 \cdot 1,5 / 2 = 89\text{ m}$$

$$R_{T_k \max} = R_{20} \cdot \left(\frac{T_k}{293}\right)^{1,16} \Rightarrow R_{20} = \frac{R_{T_k \max}}{\left(\frac{T_k}{293}\right)^{1,16}} = \frac{10\ \Omega}{\left(\frac{822 + 273}{293}\right)^{1,16}} = 2,17\ \Omega$$

Gdzie:

L_{\max} – maksymalna długość przewodu łączącego port komunikacyjny UPSa z przyciskiem;

R_{20} – dopuszczalna rezystancja przewodu w warunkach nie pożarowych (temperatura 20°C), [Ω].

$R_{T_k \max}$ – max. rezystancja przewodu jaką może on uzyskać w temperaturze T_k , [Ω],

T_k – temperatura końcowa (pożaru), w której oblicza się rezystancję przewodu $R_{T_k \max}$, [K],

Dla porównania bez uwzględniania temperatury w czasie pożaru max. długość przewodu mogłaby wynosić:

$$R_{20} = \frac{2 \cdot L_{\max}}{\gamma \cdot S} \Rightarrow L_{\max} = R_{20} \cdot \gamma \cdot S / 2 = 10 \cdot 55 \cdot 1,5 / 2 = 412\text{ m}$$

Wniosek:

W przypadku wyłącznika EPO bardzo istotną sprawą jest zachowanie parametrów jakościowych napięcia zasilającego. Jak wskazano w powyższym przykładzie w przypadku przewodu o przekroju żyły 1,5 mm² maksymalna jego długość przy uwzględnieniu wzrostu rezystancji w warunkach pożaru nie może być większa niż 89 m. Jest to długość stosunkowo niewielka biorąc pod uwagę typowe długości trasy przewodów w budynkach komercyjnych i użyteczności publicznej. **Należy zwrócić uwagę, że wzrost rezystancji przewodu w wyniku oddziaływania temperatury w warunkach pożaru spowodował zmniejszenie teoretycznej długości ponad 4,5 razy!!!** Gdyby założyć temperaturę końcową pożaru wynoszącą ponad 1000 °C ten wzrost byłby jeszcze większy (nawet 5,5 razy!!). Zasilacz UPS posiada wewnątrz zabezpieczenie powodujące jego wyłączenie, które reaguje w przypadku przekroczenia temperatury otoczenia o wartości 70-90°C (w zależności od konstrukcji). W omawianym przypadku to zabezpieczenie nie zadziała w czasie 30 minut od wystąpienia pożaru gdyż zasilacz jest umieszczony w osobnej strefie pożarowej co chroni go przed oddziaływaniem ognia i temperatury.

4.4 Wydzielenie sieci zasilania gwarantowanego lub instalacji o podobnym przeznaczeniu.

Podczas opracowywania dokumentacji projektowej i późniejszej realizacji wiele kontrowersji wzbudza kwestia wydzielenia pożarowego pomieszczeń, w których będą zabudowane urządzenia elektroenergetyczne. W Rozporządzeniu *Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz. U. z 2015 roku poz.1422) [3] czytamy:

§ 182. Pomieszczenie stacji transformatorowej może być sytuowane w budynkach o innym przeznaczeniu, jeżeli są spełnione warunki określone w § 96 oraz:

2) ściany i stropy będą stanowiły oddzielenia przeciwpożarowe oraz będą miały zabezpieczenia przed przedostawaniem się cieczy i gazów.

Jest to jedyne wymaganie w zakresie sytuowania pomieszczeń elektrycznych.

Z drugiej strony zasilacz UPS lub urządzenie o podobnej konstrukcji wyposażone w baterie akumulatorów stwarza duże zagrożenie podczas normalnej eksploatacji [13, 15] jak i w trakcie trwającej akcji ratowniczo-gaśniczej. Do takich zagrożeń należą:

- możliwość eksplozji baterii powodowana wysoką temperaturą;
- porażenie prądem elektrycznym (np.: z powodu nie zadziałanie EPO itp.)

Tym samym wydaje się zasadnym aby urządzenia typu zasilacze UPS były instalowane w osobnej strefie pożarowej.

Takie rozwiązanie:

- a) po pierwsze umożliwia stworzenie właściwych warunków pracy dla zasilacza UPS-a (lub UZS) zasilającego urządzenia funkcjonujące w czasie pożaru - w tym temperaturę pracy. Energię do urządzeń zasilanych poza tą strefą należy doprowadzić kablami/przewodami gwarantującymi dostawę energii przez wymagany czas w przypadku powstania pożaru. Przyjęcie takiego rozwiązania ogranicza również skutki ewentualnego uszkodzenia samego zasilacza UPS i tym samym pozbawienia zasilania urządzeń.

W ostatnich kilku latach obserwuje się „tendencję do rozpraszania w obiekcie” źródeł zasilania służących do zasilania urządzeń funkcjonujących w czasie pożaru. Rozwiązanie to polega na umieszczeniu w pobliżu zasilanego urządzenia (np. kłapy pożarowej, bramy ewakuacyjnej itp.) zasilacza typu UZS wyposażonego w zestaw akumulatorów o pojemności dostosowanej do energii zapotrzebowanej przez czas pracy zasilanego urządzenia. Tego typu urządzenie (UZS) jest najczęściej zaprojektowane na pracę w temperaturze od -25 °C

do 55 °C (max. 75 °C przez 120 min) i posiada stopień ochrony max. IP44 (a często mniejszy). Zasilacz UPS posiada wewnętrzne zabezpieczenie powodujące jego wyłączenie, które reaguje w przypadku przekroczenia temperatury otoczenia o wartości 70-90°C (w zależności od konstrukcji). **To oznacza, że takie urządzenie nie może być zabudowane w pobliżu zasilanego urządzenia!** Należy pamiętać, że temperatura podczas pożaru może osiągnąć wartość ponad 800 °C już po 30 minutach w odniesieniu do pożarów celulozowych [15], a w szczególnym przypadku znacznie szybciej.

W efekcie osoby znajdujące się w obiekcie pod czas akcji ratowniczo-gaśniczej mogą być narażone na:

- porażenie prądem elektrycznym,
- skutki wynikające z poddania działaniu wysokiej temperaturze baterii akumulatorów.

Dodatkowo przy zastosowaniu zasilaczy UZS dającym na wyjściu niskie napięcie (np. 24 V) należy uwzględnić spadek napięcia na przewodach łączących je z zasilanym odbiornikiem.

Dlatego też zdaniem autorów układy zasilające (zasilacze UPS, UZS i itp.) do urządzeń funkcjonujących w czasie pożaru powinny być instalowane w osobnej strefie pożarowej:

- w pomieszczeniu (np. w rozdzielni ppoż.), w którym ściany i stropy będą stanowiły oddzielenia przeciwpożarowe oraz będą miały zabezpieczenia przed przedostawaniem się cieczy i gazów;

- zastosowanie obudowy posiadającej funkcję EI umożliwiającą poprawną pracę urządzenia w trakcie pożaru czyli w praktyce spełniającej funkcję osobnej strefy pożarowej. Takie rozwiązanie musi jednak zapewniać prawidłową pracę urządzenia również w warunkach nie pożarowych. To oznacza, że obudowa powinna posiadać np. wystarczającą liczbę otworów wentylacyjnych, które zamykały by się w momencie wystąpienia wysokiej temperatury spowodowanej pożarem. Bieżąca eksploatacja takiego rozwiązania jest bardziej skomplikowana i kosztowniejsza w stosunku do rozwiązania opartego na wydzielonym pomieszczeniu;

- do urządzeń zasilanych poza tą strefą będą stosowane kable i przewody posiadające cechę niepalności przez wymagany czas pracy w klasie odporności E30, E60, E90 lub E120 (w zależności od wymagań pożarowych).

- b) po drugie w przypadku występowania w obiekcie zasilacza UPS (urządzeń o podobnej konstrukcji i przeznaczeniu), który nie zasilą urządzeń funkcjonujących w czasie pożaru, również zasadnym wydaje się zabudowanie go w osobnej strefie pożarowej. Zalecenie zabudowania zasilacza UPS w wydzielonym pomieszczeniu, które dodatkowo będzie spełniało wymagania wydzielonej strefy pożarowej wynika z następujących przesłanek:
- tego typu urządzenie wymaga odpowiednich warunków pracy (temperatura, wentylacja, czystość powietrza) [13], które najłatwiej zapewnić w osobnym pomieszczeniu;
 - dostęp do urządzenia (instalacji) powinny posiadać tylko osoby uprawnione;
 - po rozpoczęciu akcji ratowniczo-gaśniczej i uruchomieniu przeciwpożarowego wyłącznika prądu oraz wyłącznika EPO, energia zgromadzona w akumulatorach (stanowiących wyposażenie UPSa) pozostaje co stwarza zagrożenie porażeniowe. Ponadto same akumulatory poddane działaniu wysokiej temperatury stwarzają zagrożenie wybuchem. Zabudowa ich w osobnej strefie rozwiązuje te problemy.

4.5 Sieć rozproszona.

W wielu obiektach stosowane są zasilacze (UPS, UZS itp.), które służą do zasilania pojedynczych odbiorników. Z reguły są to jednostki przyłączane przy pomocy gniazda wytykowego i posiadające obwody bateryjne zintegrowane wewnątrz obudowy. Tego typu urządzenia nie posiadają możliwości zdalnego wyłączenia (wyłącznika EPO). Liczba tego typu urządzeń zgromadzonych na ograniczonej przestrzeni może być znaczna co może powodować dodatkowy wzrost zagrożenia. W momencie pojawienia się w obiekcie np. pożaru i uruchomieniu przeciwpożarowego wyłącznika prądu w części obiektu pozostałyby urządzenia, które miałyby w sobie zgromadzoną energię.

Proponowane rozwiązania:

1. Unikać stosowania wielu mniejszych urządzeń typu UPS w jednym obiekcie;
2. Umieszczać (o ile to możliwe) zasilacze w wydzielonej strefie pożarowej;
3. W takim obiekcie поблизу przycisku przeciwpożarowego prądu umieścić trwały napis informujący o pracy w obiekcie zasilaczy UPS (nie objętych zdalnym wyłączeniem);
4. Przy wejściu do pomieszczenia, w którym znajdują się tego typu urządzenia umieścić czytelny napis o treści np.: „Uwaga! W pomieszczeniu znajdują się pracujące urządzenia zasilane z baterii akumulatorów”.

4.6 Umieszczenie przycisku wyłącznika EPO.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 roku poz.1422) [3] definiuje w § 183.3. miejsce umieszczenia przeciwpożarowego wyłącznika prądu PWP (rozumianego jako element sterujący):

„§ 183.3.Przeciwpożarowy wyłącznik prądu powinien być umieszczony w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub złącza i odpowiednio oznakowany.”

Zapis ten nie wyklucza instalowania elementu sterującego w innych miejscach wskazanych przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń ppoż. funkcjonariuszy PSP czy użytkownika obiektu.

Z punktu widzenia Prawa budowlanego [1] za przyjęcie właściwego rozwiązania technicznego odpowiada projektant. Projektując wyłącznik EPO należy uwzględnić szereg czynników, w tym m.in.:

- warunki lokalne (w tym środowiskowe),
- funkcjonalność układu,
- możliwości lokalizacyjne,
- wpływ zakłócenia EM mogących powodować niewłaściwe działanie,
- układ zasilania budynku,
- wymaganą pewność zasilania odbiorników.

Decyzja o sposobie sterowania wyłącznikiem EPO powinna należeć do projektanta instalacji elektrycznych, który podejmuje ją na podstawie uwarunkowań techniczno-ekonomiczno-budowlanych. Rolą rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń ppoż. oraz PSP jest wskazanie miejsca (miejsc), w którym należy zabudować sterowanie (przycisk sterujący) tym wyłącznikiem tak, aby kierujący akcją gaśniczą bez wahania dokonał odłączenia obiektu od dopływu energii elektrycznej z tego źródła zasilania.

W zakres zainteresowań rzeczoznawcy lub funkcjonariusza PSP wchodzi także miejsce instalacji aparatu wykonawczego oraz typy przewodów. Miejsce instalacji oraz typy przewodów będą w tym przypadku rozpatrywane pod względem wymagań dotyczących ognioochronności przez wymagany czas podtrzymania funkcji.

Należy również pamiętać, że wyłącznik EPO pełni też funkcję odłączenia zasilania instalacji napięcia gwarantowanego od zasilania w energię elektryczną nie tylko w razie pożaru, ale także na wypadek powodzi, trzęsień ziemi, czy innych klęsk żywiołowych.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe czynniki nie jest możliwe zaproponowanie jednego prawidłowego i uniwersalnego rozwiązania dla wszystkich obiektów budowlanych:

- a) W przypadku gdy zasilacze UPS (lub urządzenia o podobnej konstrukcji) zasilają urządzenia biorące udział w akcji ratowniczo-gaśniczej, wydaje się za błędne umieszczenie przycisku wyłącznika EPO w pobliżu przycisku wyłącznika PWP. Oczywiście zasilacze UPS (lub urządzenia o podobnej konstrukcji) muszą być

zainstalowane w wydzielonej strefie. W takiej sytuacji omyłkowe użycie przycisku EPO może doprowadzić do pozbawienia zasilania tych urządzeń. W takim wypadku przycisk EPO powinien zostać zabudowany w pobliżu wejścia (wejść) do pomieszczenia, w którym znajdują się zasilacze UPS. Sam przycisk powinien zostać zabezpieczony przed przypadkowym wyzwoleniem.

Podobna sytuacja będzie gdy zasilacze UPS zasilają odbiorniki w wydzielonej strefie pożarowej. Często są to instalacje o dużym znaczeniu a ich wyłączenie wiąże się z dotkliwymi stratami materialnymi lub zagrożeniem zdrowia i życia. Wówczas również wydaje się bezzasadne pozbawianie odbiorników zasilania w sytuacji gdy akcją ratunkowo-gaśniczą objęta jest inna część obiektu (z punktu widzenia ochrony ppoż.).

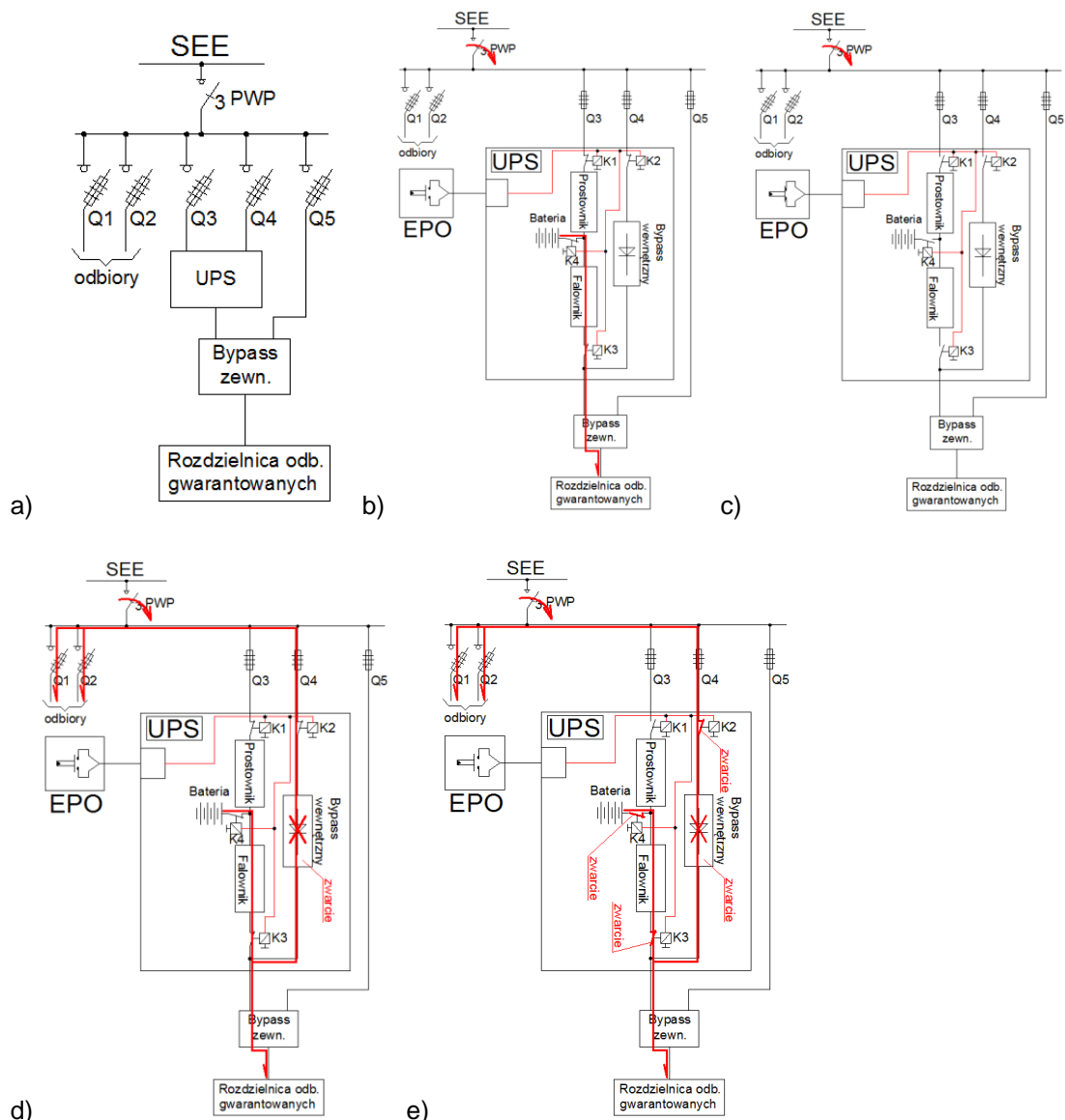
W każdym przypadku należy zastosować środki, które zapobiegną pojawieniu się wstecznego napięcia na instalacji nie objętej zasilaniem gwarantowanym.

- b) Jeśli w obiekcie pracują zasilacze UPS (lub urządzenia o podobnej konstrukcji), które w trakcie akcji ratunkowo-gaśniczej powinny zostać wyłączone to oczywiście umieszczenie przycisku EPO obok (w pobliżu) przycisku PWP jest w pełni uzasadnione. W takiej sytuacji dopuszcza się wykorzystanie tego samego elementu wykonawczego (przycisku) oczywiście wyposażonego w odizolowane galwanicznie styki przeznaczone do przyłączenia obwodu EPO. Niezależnie od tego należy umieścić napis trwałą informację o znajdujących się w obiekcie tego typu urządzeniach.

4.7 Zagrożenia wynikające z pojawienia się napięcia wstecznego w instalacji przed UPS-em [13].

Norma PN EN 62040 [12] zobowiązuje producentów zasilaczy UPS do stosowania zabezpieczenia wstecznego w torze obejściowym UPS-a przed pojawieniem się „napięcia wstecznego” w przypadku uszkodzenia przełącznika statycznego (bypassu wewnętrznego). Zasilacz UPS musi być zabezpieczony przed pojawieniem się niebezpiecznych napięć i energii na zaciskach wejścia AC zasilacza UPS po odcięciu zasilania wejściowego (z sieci elektroenergetycznej), co ma miejsce np. w przypadku zadziałania przeciwpożarowego wyłącznika prądu. W myśl zapisów PN EN 62040 [12] niebezpieczeństwo porażenia nie może występować na zaciskach wejściowych dłużej niż po 15 sekundach dla zasilaczy UPS podłączonych na stałe, a po 1 sekundzie dla zasilaczy z połączeniami wtykowymi. Zgodność z wymaganiami jest sprawdzana przez badanie urządzenia i odnośnych obwodów oraz symulację warunków awaryjnych zgodnie z "Anekssem I", powyższej normy.

Na **rysunku 5** przedstawiono sytuację, w której po zadziałaniu PWP i pozostawieniu działającego zasilacza UPS na wydzieloną instalację zasilania gwarantowanego może dojść do zagrożenia porażeniowego. Na **rysunku 5** styczniki oznaczone K1-K4 stanowią elementy wykonawcze wyłącznika awaryjnego EPO.



Rys.5 Ilustracja zagrożenia stwarzanego przez napięcie wsteczne pojawiające się po zadziałaniu PWP a) uproszczony schemat instalacji; b) rozptył prądu po zadziałaniu PWP (EPO jest nie aktywne) przy sprawnym zabezpieczeniu od podania wstecznego napięcia; c) prawidłowy stan układu zasilania po zadziałaniu PWP oraz EPO; d) rozptył prądu po zadziałaniu PWP (EPO jest nie aktywne) i uszkodzeniu zabezpieczenia od podania wstecznego napięcia; e) rozptył prądu po zadziałaniu PWP oraz EPO i uszkodzeniu zabezpieczenia od podania wstecznego napięcia,

Na **rysunku 5b** przedstawiono układ pracy zasilacza w trybie pracy bateryjnej na wydzieloną instalację napięcia gwarantowanego po zadziałaniu PWP. Taka sytuacja może mieć miejsce w przypadku gdy zasilacz UPS zasila urządzenia funkcjonujące w czasie pożaru. Na kolejnym rysunku (**rys.5c**) przedstawiono układ w przypadku poprawnego zadziałania PWP oraz EPO.

Należy pamiętać, że bypass wewnętrzny jest wykonany z elementów półprzewodnikowych. Niestety w elementach półprzewodnikowych uszkodzenie może polegać zarówno na:

- rozwarciu elementu (wzrost rezystancji do wartości powodującej rozwarcie obwodu) co w tym przypadku oznaczałoby odłączenie obwodu (przypadek korzystny);
- ale jak również może polegać na zwarciu elementu (rezystancja przejścia o bardzo małej wartości) i w konsekwencji trwałemu połączeniu instalacji co oznacza bezpośrednie zagrożenie. Zostało to przedstawione na **rysunku 5a**.

Oczywiście panel sterowania zasilacza UPS sygnalizuje uszkodzenie bypassu jednak układ cały czas pracuje. Jest to tylko informacja dla obsługi do podjęcia działań serwisowych. Jak pokazuje praktyka taki stan układu może być niezauważony przez bardzo długi czas. Jeśli w czasie tego uszkodzenia dojdzie do:

- zaniku zasilania;
- zadziałania PWP;

to w takiej sytuacji zasilacz UPS będzie zasiliał instalację elektryczną tak jak pokazano to na **rysunku 5d**. To może stanowić zagrożenie dla osób uczestniczących w akcji ratowniczo-gaśniczej. **Czas w jakim zasilacz UPS w tej sytuacji będzie zasiliał instalację obiektu zależy od:**

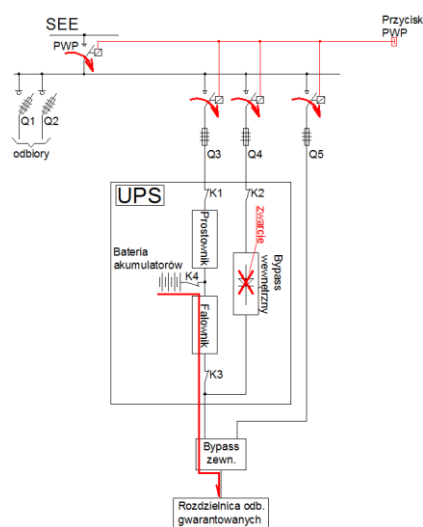
- a) bezpośrednio do mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki pozostałe jako załączone w momencie zadziałania PWP;
- b) energii zgromadzonej w bateriach układu zasilania gwarantowanego.

Przed takim zagrożeniem powinny chronić zabezpieczenia wewnętrzne UPSa (na etapie produkcji) oraz zewnętrzne zaprojektowane przez projektanta instalacji zasilania gwarantowanego.

Podobny problem pojawia się w momencie podania sygnału EPO. Styczniki (przełączniki) oznaczone na **rysunku 5** jako K1, K2, K3 i K4 **mają za zadanie odłączenie zasilacza UPS w momencie podania sygnału EPO**. Tu również nie mamy pewności czy w krytycznym momencie (np. pożar) te elementy zadziałają prawidłowo. Jak powszechnie wiadomo styczniki, które stanowią element wykonawczy mogą wykazywać tendencje do „sklejania styków”. Zostało to zilustrowane na **rysunku 5e**.

Zalecane rozwiązania:

- a) w torach zasilających zasilacze UPS należy stosować aparaty wyposażone w cewki wzrostowe. Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na **rysunku 6**. Jest to rozwiązanie droższe jednak podnoszące bezpieczeństwo użytkowania instalacji;
- b) **Należy podkreślić, że w takiej sytuacji nie ma możliwości uzyskanie skutecznej ochrony przeciwporażeniowej przy pomocy samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym przez normy czasie [15]** przy zastosowaniu jedynie aparatów zabezpieczających takich jak: bezpieczniki topikowe, wyłączniki instalacyjne i/lub wyłączniki mocy a stosowanie wyłączników różnicowoprądowych jest niezalecane [15]. Jedynym skutecznym środkiem ochrony przeciwporażeniowej w tej sytuacji będzie obniżenie spodziewanego napięcia na częściach przewodzących dostępnych poniżej wartości napięcia dopuszczalnego długotrwale. Ta kwestia zostanie omówiona w ostatniej części tego artykułu.



Rys.6 Realizacja dodatkowego zabezpieczenia od „napięcia zwrotnego”

5. Ochrona przeciwporażeniowa

Projektując ochronę przeciwporażeniową przy zasilaniu z zasilacza UPS należy uwzględnić następujące czynniki :

1. Układ TN-S jest preferowany do zasilania urządzeń funkcjonujących w czasie pożaru. Pozostałe układy sieci (TT, IT) nie są zalecane z uwagi na nich ograniczenia techniczne co zostało szczegółowo omówione w [15];
2. Dopuszczalny czas wyłączenia w układzie TN dla instalacji odbiorczej nie może być dłuższy niż 0,4 s [14, 15];
6. Wyłącznik różnicowoprądowy jest środkiem niezalecanym [15];
7. Napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale jakie może wystąpić na częściach przewodzących dostępnych powinno spełniać warunek $U_L \leq 25 \text{ V}$ (ac) lub $U_L \leq 60 \text{ V}$ (dc). Wynika to z faktu, że ekipa ratownicza oraz ewentualne osoby znajdujące się w budynku objętym akcją ratunkową będą znajdowały się w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego (stres, wysoka temperatura itp.). Jeśli podczas akcji ratowniczej jej uczestnicy mogą mieć bezpośredni kontakt z wodą (np.: instalacja tryskaczowa) to w takiej sytuacji napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale powinno spełniać warunek $U_L \leq 12 \text{ V}$ (ac) lub $U_L \leq 30 \text{ V}$ (dc).

W wielu przypadkach uzyskanie skutecznej ochrony przeciwporażeniowej nie jest możliwe przy pomocy samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie [15] przy zastosowaniu jedynie aparatów zabezpieczających takich jak: bezpieczniki topikowe, wyłączniki instalacyjne i/lub wyłączniki mocy. Należy pamiętać, że stosowanie wyłączników różnicowoprądowych w obwodach instalacji przeciwpożarowych ze względu na wymagana wysoką niezawodność jest zabronione [15]. Zatem zgodnie z wymaganiami określonymi w normie [6], ochronę przeciwporażeniową należy uznać za skuteczną, jeżeli napięcie dotykowe U_{ST} nie przekracza wartości napięcia dopuszczalnego długotrwale U_L w danych warunkach środowiskowych, czyli [14, 15]:

$$U_{ST} = I_a \cdot Z_{PE} \leq U_L \quad (2)$$

gdzie:

I_a – prąd wyłączający zabezpieczenie chronionego odbiornika w czasie określonym [6], w [A],

Z_{PE} – wartość impedancji przewodu ochronnego PE między rozpatrywaną częścią przewodzącą dostępną a głównym połączeniem wyrównawczym, w [Ω],

U_L – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale, w [V],

Wymagany przekrój przewodu ochronnego, łączącego chronione urządzenie z główną szyną uziemiającą (GSU), należy wyznaczyć ze wzoru (2), który uzyskuje się w wyniku przekształceń, przy założeniu, że $U_{ST} = U_L$ oraz $Z_{PE} = R_{PE}$ [14 następującą postać:

$$S_{PE} \geq \frac{k_p \cdot I_a \cdot l}{U_L \cdot \gamma} \quad (3)$$

gdzie:

S_{PE} – wymagany przekrój żyły przewodu ochronnego, w [mm^2],

l – długość przewodu ochronnego PE między rozpatrywaną częścią przewodzącą dostępną a głównym połączeniem wyrównawczym, w [m],

k_p – współczynnik wzrostu rezystancji przewodu w wyniku oddziaływania temperatury podczas pożaru określony wzorem (4) [15], w [-]

$$k_p = \frac{R_{T_k}}{R_{20}} = \left(\frac{T_k}{293} \right)^{1,16} \quad (4)$$

R_{20} - rezystancja przewodu w temperaturze 20°C, w [Ω]

R_{T_k} - rezystancja przewodu w temperaturze T_k , [Ω],

T_k – temperatura końcowa, w której oblicza się rezystancje przewodu R_{T_k} , [K],

R_{20} - rezystancja przewodu w temperaturze 20° C, [Ω].

γ – konduktywność materiały żyły przewodzącej przewodu, w [$m/(\Omega \cdot mm^2)$].

Często można spotkać się ze stwierdzeniem, że UPS-y o niewielkiej mocy (lub urządzenia o zbliżonej konstrukcji) przyłączane przy pomocy gniazda wtyczkowego nie stanowią zagrożenia porażeniowego ze względu na niewielką pojemność baterii akumulatorów jakie wykorzystują. Typowe rozwiązanie stosowane w tych zasilaczach to akumulatory o napięciu 12 V i pojemności np. 7 Ah. W celu zwiększenia pojemności łączy się je szeregowo. Jeśli w szereg zostanie połączonych min. 3 takie akumulatory to sumaryczne napięcie na ich zaciskach (36 V (dc)) przekroczy napięcie dopuszczalne długotrwałe w warunkach środowiskowych gdzie może dojść do bezpośredniego kontaktu z wodą ($U_L \leq 30$ V (dc)). Pojemność akumulatorów podawana jest w [Ah] lub przez prąd rozładowania w czasie 20 godzin w temperaturze 20°C, do osiągnięcia napięcia końcowego pojedynczej ogniwa 1,7 V (oznaczenie 0,05C). Prąd o wartości 30 mA płynący przez ciało człowieka podczas rażenia z pojedynczego akumulatora o pojemności 7 Ah mógłby płynąć przez czas bardzo długi, skutkując tym samym śmiertelnym porażeniem:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{7}{0,03} = 233 \text{ h}$$

gdzie:

t – czas przepływu prądu podczas rozładowania akumulatora, w [h]

Q – pojemność dysponowana przez akumulator w temperaturze 20°C, w [Ah]

I – prąd rozładowania, w [A].

6. Wnioski

1. *Wyłącznik awaryjny określany w skrócie jako EPO może pełnić funkcję wyłącznika przeciwpożarowego prądu (w myśl [3] § 183.2.) dla zasilacza UPS oraz obwodów zasilanych z niego.*
2. W każdym przypadku należy zastosować środki, które zapobiegą pojawieniu się wstecznego napięcia na instalacji nie objętej zasilaniem gwarantowanym. Samo odłączenie zasilania do zasilacza UPS nie gwarantuje, że instalacja w obiekcie zostanie pozbawiona zasilania.
3. Zadziałanie przycisku EPO powoduje podanie sygnału na jednostkę sterującą zasilacza UPS i w konsekwencji wygenerowanie stanów, które spowodują otwarcie wszystkich styczników lub przekładników (na wejściu i wyjściu torów prądowych) oraz zamknięcie jednostki UPS, co jest równoznaczne z wyłączeniem falownika. Dodatkowo wszystkie konwertery zostają wyłączone. Zadziałanie EPO odłącza odbiorniki w każdym stanie pracy UPSa: gotowości lub w stanie zamykania UPSa, następuje także anulowanie dowolnych sygnałów i poleceń wydawanych przez jednostkę sterującą, panel operatorski lub dowolny moduł zasilacza UPS. Baterie akumulatorów zostają rozłączone.
4. Zadziałanie przycisku EPO nie spowoduje rozładowania baterii akumulatorów co oznacza, że **energia w nich zgromadzona pozostanie**. Jest to jeden z powodów, dla których te urządzenia (UPSy) powinny być instalowane w wydzielonych strefach pożarowych;
5. Nie jest prawdą, że UPSy o małej mocy przyłączane przy pomocy gniazda wtykowego (lub urządzenia o zbliżonej konstrukcji) nie są zagrożeniem z powodu niewielkiej pojemności baterii akumulatorów. W każdym przypadku należy sprawdzić skuteczność ochrony porażeniowej zarówno dla warunków normalnych jak i zwiększonego zagrożenia porażeniowego.
6. Baterie akumulatorów stanowią zagrożenie pod czas pożaru. Ich zachowanie podczas pożaru jest niekontrolowane i może dodatkowo spowodować zwiększenie strat oraz narażenie zdrowie i życie ludzi biorących udział w akcji ratowniczo-gaśniczej. Jest to dodatkowy argument przemawiający za instalacją zasilaczy UPS i urządzeń o podobnej konstrukcji w osobnych strefach pożarowych.

7. Zasilacz UPS musi być wyposażony w pojedynczy zintegrowany aparat przerywający lub zaciski przeznaczone do połączenia zdalnego awaryjnego aparatu przerywającego, który zapobiega dalszemu zasilaniu odbiorów przez UPS-a w dowolnym trybie pracy zasilacza UPS. To rozwiązanie nie ma zastosowania (zgodnie z normą) dla:
 - systemów przetwarzania danych o znaczeniu krytycznym
 - źródła zasilania UPS o mocy nie większej niż 750 VA;
 - lub obwodów bateryjnych zintegrowanych z urządzeniem elektronicznym.W tej sytuacji konieczne jest podjęcie działań zmniejszających ryzyko jakie niosą ze sobą tego typu urządzenia. Do tych środków należą:
 - tablice informacyjne;
 - wydzielone strefy,
 - zapewnienie skutecznej ochrony przeciwporażeniowej w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego.
8. Decyzja o sposobie sterowania wyłącznikiem EPO powinna należeć do projektanta instalacji elektrycznych, który podejmuje ją na podstawie uwarunkowań techniczno-ekonomiczno-budowlanych. Rolą rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń ppoż. oraz PSP jest wskazanie miejsca (miejsc), w którym należy zabudować sterowanie (przycisk sterujący) tym wyłącznikiem tak, aby kierujący akcją gaśniczą bez wahania dokonał odłączenia obiektu od dopływu energii elektrycznej z tego źródła zasilania.

7. Literatura

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane. (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 z późn. zm. ostatnia Dz.U. 2017 poz. 1332 tekst jednolity);
2. Ustawa o ochronie przeciwpożarowej [tekst jednolity: Dz. U. z 2017 roku poz. 736]
3. Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz. U. z 2015 roku poz.1422].
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. 2016 poz. 1966);
5. Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU nr 109/2010, poz. 719)
6. PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41. Instalacje dla zapewnienia bezpieczeństwa Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
7. PN-EN 60950-1:2007 "Urządzenia techniki informatycznej -- Bezpieczeństwo -- Część 1: Wymagania podstawowe"
8. PN-EN 12101-10: 2007 „Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 10: Zasilacze”
9. PN-EN 54-4: 2002 „Systemy sygnalizacji pożarowej. Część 4:Zasilacze.
10. PN-HD 60364-4-41:2009,
11. HD-384-48 S1 "Electrical Installation of the Buildings. Part 4: Protection for Safety. Chapter 46: Isolation and Switching" (Instalacje elektryczne budynków. Część 4: Ochrona i bezpieczeństwo. Rozdział 46: Separacja i wyłączanie).
12. PN-EN 62040-1:2009 Systemy bezprzerwowego zasilania. Część 1: "Wymagania ogólne i wymagania bezpieczeństwa UPS"
13. J. Wiatr, M. Miegoń - Zasilacze UPS oraz baterie akumulatorów w układach zasilania gwarantowanego – Grupa Medium Warszawa 2008, wydanie I
14. J. Wiatr, M. Orzechowski – Poradnik Projektanta Elektryka – Grupa Medium Warszawa 2012, wydanie V
15. J. Wiatr; M. Orzechowski – Instalacje elektryczne do zasilania urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru – Grupa Medium 2016 – wydanie I.
16. J. Wiatr; M. Orzechowski – Przeciwpożarowy wyłącznik prądu. Mity a rzeczywistość. - elektro.info nr 1-2/2017 –cz. 1; elektro.info nr 3/2017 – cz. -2.

17. R. Markowska, A. W. Sowa - Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zeszyty dla elektryków - Grupa Medium Warszawa 2009, nr 6 wyd. I
18. andrzej.sowa.eu.org
19. M. Miegoń - Stosowanie wyłącznika pożarowego z zasilaczami bezprzerwowymi UPS, elektro.info 6/2015
20. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania [Dz. U. z 2007 roku Nr 143 poz. 1002 z późniejszymi zmianami].