

KOZYRA Jacek¹

Rozwiązania techniczne współpracy podstacji trakcyjnej z systemem elektroenergetycznym

Słowa kluczowe
Główny Punkt Zasilający GPZ,
Podstacja Trakcyjna PT,
Nastawnia Centralna NC

Streszczenie

W publikacji wykonano ocenę i analizę rozwiązań technicznych współpracy podstacji trakcyjnej z systemem elektroenergetycznym. Przedstawiono nowe zagadnienia związane z zasilaniem podstacji trakcyjnej z linii 110 kV, rolę zdalnego sterowania obiektów takich jak podstacje trakcyjne i stacje GPZ.

TECHNICAL SOLUTIONS OF THE CO-OPERATION OF A TRACTION SUBSTATION WITH AN ELECTRICAL SYSTEM

Abstract

In this publication the evaluation and analysis of technical solutions of the co-operation of a traction substation with an electrical system were completed. New issues related to the powering of a traction substation with a 110kV line as well as remotely controlled objects such as traction substations and a transformer/switching (GPZ) station are presented.

1. WSTĘP

Postęp w dziedzinie rozwiązań technicznych współpracy podstacji trakcyjnej z systemem elektroenergetycznym jest bardzo szybki, zastosowanie nowatorskiej techniki mikroprocesorowej w specjalnych wykonaniach spowodowało zwiększenie niezawodności systemu elektroenergetycznego. W obecnych czasach dąży się do przejścia na zdalne sterowanie Podstacji Trakcyjnej (PT) przy sterowaniu z Nastawni Centralnej (NC). Do aspektów ekonomicznych zdalnego sterowania można zaliczyć wyeliminowanie dyżurów na Podstacjach Trakcyjnych w „PKP Energetyka”.

Zastosowanie najnowszych rozwiązań na Podstacjach Trakcyjnych zasilanych bezpośrednio z linii 110 kV wpłynęło na zmniejszenie strat przesyłowych między Głównym Punktem Zasilającym (GPZ) a PT. Podstacje trakcyjne zasilane napięciem 110 kV buduje się najczęściej w miejscu dawnych Kabin Sekcyjnych (KS), służących do współpracy z PT. Kabina sekcijna jest przeznaczona do sekcjonowania oraz zmniejszenia spadków napięcia sieci trakcyjnej 3 kV. W systemie elektroenergetycznym PKP wprowadzono:

- zdalne sterowanie Podstacji Trakcyjnej SN z Nastawni Centralnej,
- zdalne sterowanie odłącznikami sekcyjnymi z NC,
- własne Podstacje 110 kV sterowane z NC,
- własne linie przesyłowe SN potrzeb nieatrakcyjnych (LPN),
- zdalny system odczytu liczników na liniach zasilających Podstacji Trakcyjnych,
- centralny system obrotu energią elektryczną,
- wydzielony system transmisji danych poprzez sieć światłowodową do sterowania z nastawni centralnej na zasadzie sieci LAN.

Przejeżdżająca lokomotywa elektryczna pobiera energię elektryczną z najbliższych Podstacji Trakcyjnych poprzez sieć 3 kV prądu stałego. Podstacje trakcyjne są zasilane z GPZ, który pobiera energię z systemu elektroenergetycznego. Lokomotywa dla systemu elektroenergetycznego stanowi obciążenie ciągle podczas jazdy. Dla podstacji jest to obciążenie chwilowe na czas przejazdu w obrębie zasilania tej podstacji. Największe obciążenia rejestrowane są przy ruszaniu lokomotywy. Nowe lokomotywy są wyposażone w system odzysku energii przy hamowaniu i jest to kłopotliwe gdy nie ma możliwości odbioru tej energii. Objawia się to podwyższaniem napięcia w sieci prądu stałego podczas hamowania z rekuperacją energii. Jest to energia częściowo do odzyskania. Jeżeli energia byłaby wykorzystana przez inny ruszający elektrowóz, lub była by gromadzona poprzez zasobnik energii, można by było rozpatrywać jako niewątpliwy zysk.

Innym rodzajem współpracy między energetyką zawodową a energetyką kolejową są zagadnienia współdziałania GPZ z podstacją trakcyjną w zakresie rzetelnego podawania nastaw zabezpieczeń. Przy zasilaniu z GPZ 110/15kV w podstacji trakcyjnej mamy do czynienia z siecią SN skompensowaną. Załączając lub wyłączając linię kablową wpływamy na kompensację tej sieci. Jeżeli stacja nie posiada automatycznej kompensacji sieci SN, to po przełączeniu zasilania PT np. na drugą linię rezerwową zaczynają się kłopoty z symetrią napięcia. Pooduje to samoczynne zadziałanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych na PT.

¹Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-75,
E-mail: j.kozyra@pr.radom.pl

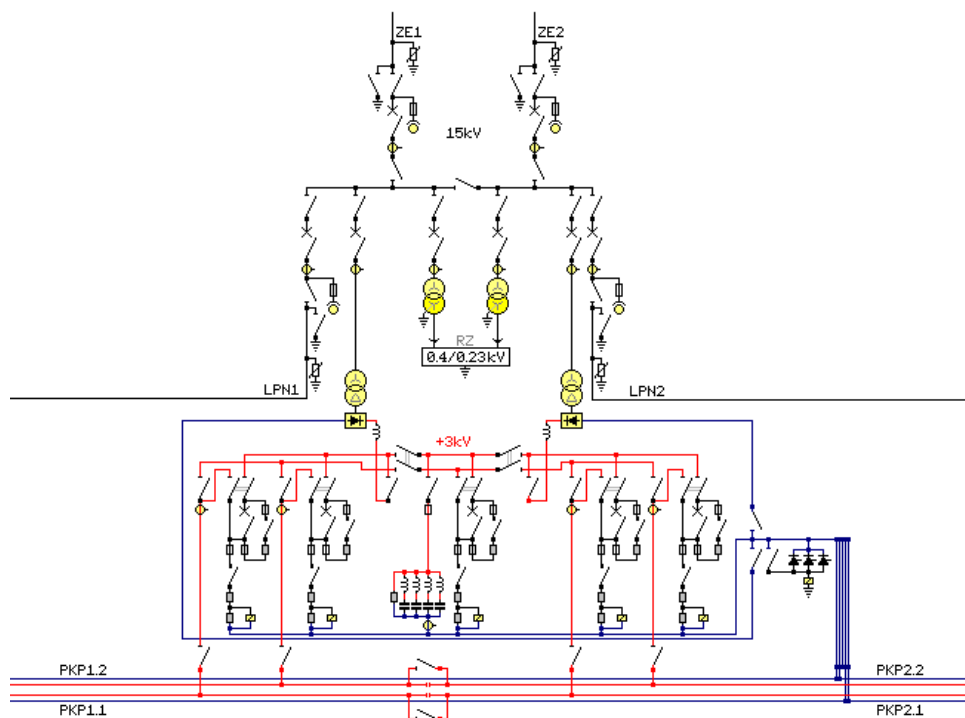
Celem pracy jest ocena i analiza rozwiązań technicznych współpracy podstacji trakcyjnej z systemem elektroenergetycznym.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH STACJI ELEKTROENERGETYCZNYCH

2.1 Charakterystyka Podstacji Trakcyjnej

Podstacje Trakcyjne są to stacje energetyczne, których zadaniem jest pobieranie energii elektrycznej z systemu elektroenergetycznego i dostosowanie jej dla potrzeb trakcji elektrycznej oraz doprowadzenie tej energii do sieci trakcyjnej [1]. Jest to energia pobierana z Krajowego Systemu Energetycznego (KSE), dostosowana do potrzeb zasilania trakcji elektrycznej, zasilania linii potrzeb nieatrakcyjnych (LPN) oraz potrzeb własnych podstacji trakcyjnej. Na terenie PKP przyjęto system 3kV prądu stałego, a napięcie na podstacji trakcyjnej wynosi ok. 3300V. W celu uzyskania większej mocy, podnosi się napięcie na transformatorze prostownikowym. Pod względem napięcia zasilana podstacje trakcyjne podzielono na zasilane liniami Średniego Napięcia (SN) 15 kV lub linią Wysokiego Napięcia (WN) 110kV (a nawet dwiema liniami). Pod względem obsługi dzielimy na podstacje trakcyjne sterowane lokalnie lub sterowane zdalnie z nastawni centralnej. Przez cały czas trwania awarii zdalnego sterowania, pełnione są dyżury przez pracowników obsługi, dodatkowo jeszcze po awarii prowadzi się dyżury w celu sprawdzenia obiektu. Pod względem położenia podstacje trakcyjne dzielimy na węzłowe (zasilające w wielu kierunkach) oraz przelotowe położone na trasie przelotu przez daną linię. Podstacje można również podzielić pod względem zainstalowanej mocy. Wśród nich najmniejsze wymagania mają podstacje trakcyjne zasilające linie jedno torowe, przelotowo o małym natężeniu ruchu. Największe moce są zainstalowane w dużych aglomeracjach miejskich lub okręgach przemysłowych.

Na starszych podstacjach trakcyjnych przelotowych, zasilanych z linii SN, standardowo były instalowane transformatory prostownikowe o mocach 2 x 4,4 MVA. Dla podstacji węzłowych o większym znaczeniu instalowano od trzech do czterech transformatorów prostownikowych. W podstacjach przelotowych pracuje tylko jeden transformator, drugi pozostaje w rezerwie. Dodatkowo co miesiąc zmienia się transformator pracujący. Podstacje trakcyjne węzłowe posiadają inny profil obciążenia niż przelotowe. Dlatego w nich mogą pracować na stałe dwa lub trzy transformatory prostownikowe, w celu zapewnienia odpowiedniej mocy do normalnego funkcjonowania obiektu. Jeden transformator pozostaje zawsze w rezerwie. Na rys.1 i 2 przedstawiono przykładowe schematy podstacji trakcyjnej przelotowej i węzłowej z rozdzielnią SN 15 kV i rozdzielnią 3 kV prądu stałego oraz przyłączoną siecią trakcyjną PKP.

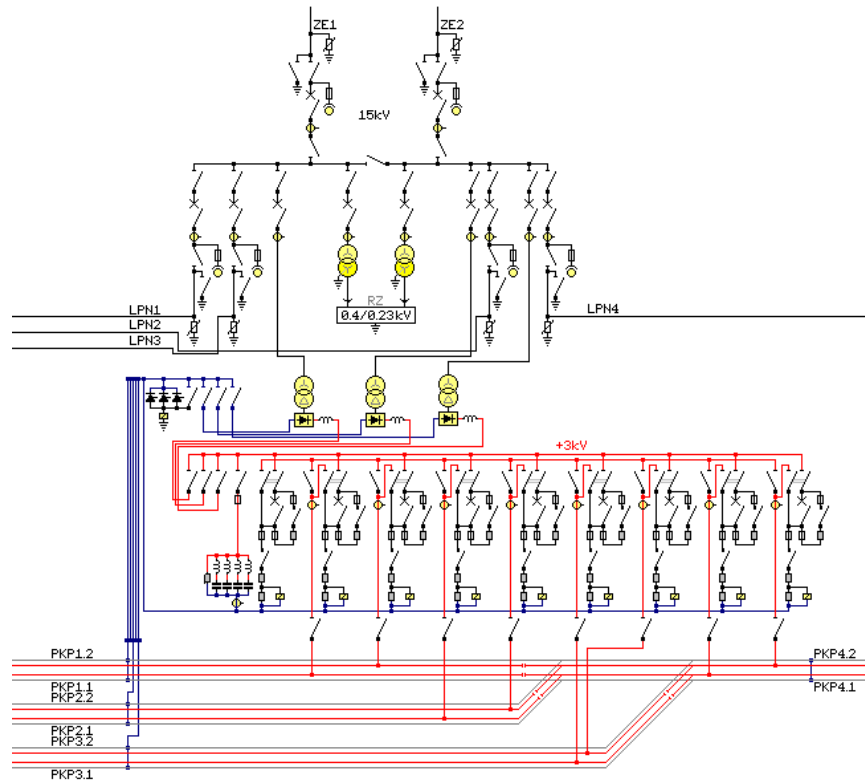


Rys.1. Przykładowy schemat podstacji trakcyjnej przelotowej

Całą podstację trakcyjną można wyłączyć i odłączyć odłącznikami od sieci trakcyjnej w celu wykonania rocznego przeglądu rozdzielni 3 kV prądu stałego. W takim przypadku sąsiednie podstacje muszą przejąć na siebie obciążenie wyłączonej podstacji. Jeżeli rozdzielnia 3 kV prądu stałego posiada podział na dwie sekcje, to po wyłączeniu obydwu zasilaczy i otwarciu wszystkich odłączników sekcji, jest możliwy przegląd danej sekcji, dodatkowo muszą być otwarte właściwe odłączniki na linii. Wyłączniki zasilaczy trakcyjnych nastawia się na wartość prądu rzędu 1600A. Jest to prąd wyłącznika szybkiego z jednego kierunku. Po zsumowaniu prądów z dwóch kierunków czyli z obu stron linii otrzymamy jeszcze większe wartości prądu.

Węzeł kolejowy to skrzyżowanie wielu linii kolejowych (wielu kierunków). Obiekty zasilające dany węzeł muszą być tak usytuowane, aby odcinki zasilające trakcję elektryczną były jak najkrótsze, a dany odcinek sieci był możliwy do

sekcjonowania. Na rys. 2 przedstawiono schemat przykładowej podstacji trakcyjnej węzłowej. Rozdzielnia SN zasila cztery linie potrzeb nie trakcyjnych. Rozdzielnia 3 kV prądu stałego zasila linie trakcyjne dwu torowe dla czterech kierunków. Podstacja na swym wyposażeniu posiada trzy zespoły prostownikowe SN 15 kV prądu przemiennego na 3 kV prądu stałego.

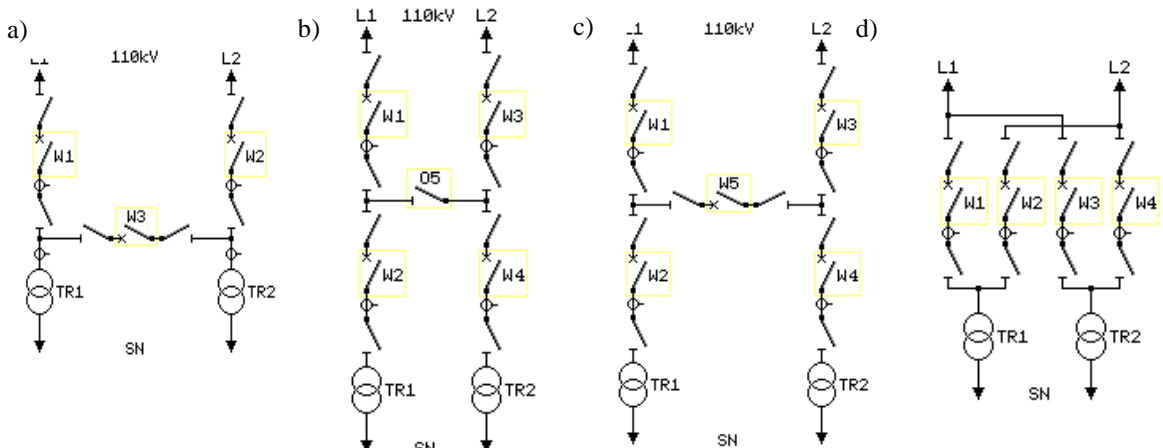


Rys.2. Przykładowy schemat podstacji trakcyjnej węzłowej

2.2 Charakterystyka stacji GPZ 110/15 kV

Stacje GPZ 110/15 kV (WN/SN) są głównym punktem zasilającym sieci SN, pracują w różnych układach. Czym bardziej skomplikowana rozdzielnia 110 kV, tym większe są możliwości takiej rozdzielni podczas przełączeń. Stacje GPZ pracują w różnych układach, są zasilane z sąsiednich stacji przelotowo lub z stacji najwyższych (NN) liniami 110kV do stacji GPZ

Stacje GPZ zasilają obiekty sieciami SN, najczęściej po przez Stacje Główne (SG), Stacje Pośrednie (SP), Stacje Oddziałowe (SO), Rozdzielnie Sieciowe Miejskie (RSM), Rozdzielnie Sieciowe Przemysłowe (RSP), Rozdzielnie Odbiorcze (RO). Są to obiekty o znaczeniu strategicznym, zwłaszcza Stacje Transformatorowe (ST) i Stacje Transformatorowo - Rozdzielcze (STR), które są odpowiedzialne za funkcjonowanie danego regionu. Przykłady rozdzielni 110 kV przedstawia rys.3.



Rys. 3. Przykład rozdzielni 110kV pracującej w układach a) H3, b) H4, c) H5[2], d) czworoboku [3]

Rozdzielnia 110 kV pracująca w układzie H3, jest najprostszą rozdzielnią. Posiada tylko trzy wyłączniki, z tego jeden pracuje jako sprzęgło sekcyjne, a pozostałe dwa wyłączniki odpowiadają za zasilanie rozdzielni. W celu wyłączenia jednego transformatora muszą być wyłączone dwa wyłączniki części sekcji w której pracuje transformator. Niewątpliwą wadą układu H3 jest brak wyłączników dla transformatorów. W układzie H4 i H5 wyłączniki muszą współpracować ze

sobą z wykorzystaniem automatyki Lokalnej Rezerwy Wyłączeniowej (LRW) w celu jednoczesnego odłączenia transformatora od strony linii zasilającej jak i sprzęgła sekcyjnego.

Wadą rozdzielni w układzie H4 jest brak wyłącznika sekcyjnego, który został zastąpiony odłącznikiem. W celu wykonania jakichkolwiek czynności łączeniowych odłącznikiem sekcyjnym niezbędne jest wyłączenie całej jednej sekcji. Otwarcie odłącznika lub zamknięcie odłącznika pod obciążeniem spowoduje jego zniszczenie.

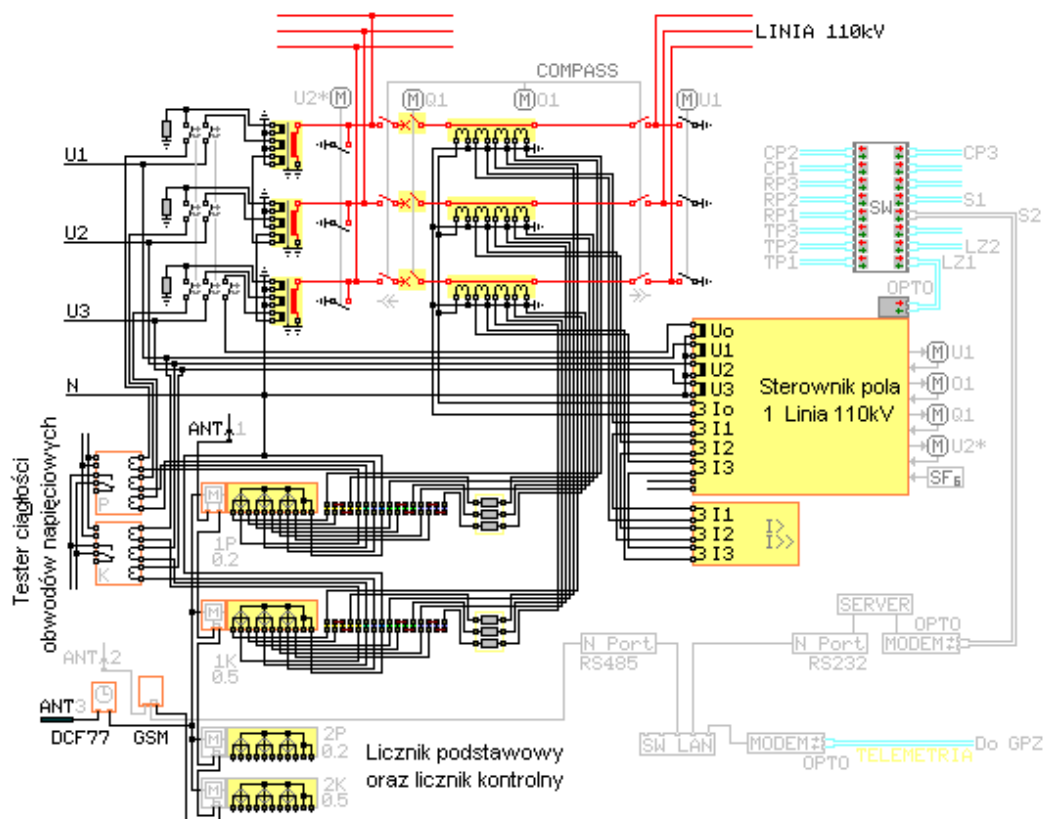
Rozdzielnia 110kV w układzie H5 jest rozdzielnią sekcjonowaną. Wyłącznik sekcyjny może łączyć i rozdzielać sekcje podczas normalnej pracy rozdzielni, unika się w ten sposób zaników napięcia. Każdy wyłącznik w rozdzielni 110 kV posiada swoją automatykę, pozwalającą na współpracę z odłącznikami, uziemiaczami i zabezpieczeniami.

Wadą układu o kształcie czworoboku jest to, że przy przełączaniu zmienia się cały układ pracy, jest mało czytelny dodatkowo wymaga dokładnego doboru aparatury oraz powoduje trudności z określeniem parametrów nastaw zabezpieczeń. Jest to układ rozdzielnic, który można zastosować w sieciach najwyższych napięć. Główną zaletą czworoboku jest możliwość elastycznego wyłączania urządzeń tworzących ten układ z jednoczesnym utrzymaniem ciągłości zasilania[4].

3. WSPÓŁPRACA PODSTACJI TRAKCYJNYCH Z SYSTEMEM ELEKTROENERGETYCZNYM

Współpraca podstacji trakcyjnej z systemem elektroenergetycznym pod względem zasilania jest realizowana za pośrednictwem GPZ. Starsze podstacje trakcyjne są zasilane dwoma liniami o napięciu 15kV. Pomiar rozliczeniowy energii jest realizowany przy pomocy liczników na liniach zasilających. Do liczników jest podłączony sumator energii typu „KWMS” lub „DATAPAF”. Dodatkowo liczniki były podłączone za pośrednictwem pętli prądowej CS do konwertera. Następnie do modemu przez transformator separacyjny podłącza się wydzieloną linię telefoniczną do odczytów zdalnych za pośrednictwem sieci „KOLPAK” na wydzielonych portach i adresach. Adresem licznika był jego numer seryjny. Licznik odczytywany był co 15 minut. Odczyt lokalny odbywał się co 10 dni przez energetykę zawodową za pośrednictwem komputera z programem „SOLEN”.

Obecnie przechodzi się na system radiowy GSM. Na linii pierwszej i drugiej instaluje się dwa liczniki. Są to liczniki do pomiaru rozliczeniowego i kontrolnego. Dodatkowo posiadają napięcie gwarantowane które zapewnia UPS do podtrzymania transmisji w trakcie zaników. W liczniku podstawowym instaluje się modem GSM z podtrzymaniem baterijnym posiadający dodatkowo porty RS485. W liczniku rezerwowym instaluje się moduły z dwoma portami RS485 lub RS485 i RS232 jako moduł końcowy. Na pierwszej linii zasilającej modem jest skonfigurowany jako GPRS i może być tylko odczytywany przez system rozliczeniowy co 15 minut. Na drugiej linii zasilającej modem nie jest odczytywany na bieżąco i stanowi rezerwę dla odczytu zdalnego w sytuacji tego wymagającej. Często jest używany do sprawdzenia transmisji lub odczytów stanu. Dopełnienie stanowi odbiornik zegara Frankfurckiego o częstotliwości 77,5 kHz lub odbiornik zegara GPS. Wymienione zestawy posiadają wyjścia impulsowe do synchronizacji w szczelinie czasowej. Taki odczyt jest realizowany przez centralę spółki PKP Energetyka na podstacjach SN 15 kV. Na liniach potrzeb nieatrakcyjnych SN jest zainstalowany pomiar licznikowy bez transmisji zdalnej.



Rys.4. Przykład układu kontrolno-pomiarowego dla linii zasilającej 110kV

W podstacjach trakcyjnych 110 kV pomiar rozliczeniowy energii elektrycznej jest realizowany na linii zasilającej lub na dwóch liniach zasilających jako zdalny. Obecnie odczyt odbywa się drogą radiową w systemie GSM – GPRS. Liczniki nowego typu są energooszczędne. Pojawił się zatem kłopot z przekładnikami napięciowymi, które należy dodatkowo obciążać rezystorami dociążającymi. Dodatkowo stosuje się rezystory $2,5\Omega$ w obwodzie prądowym, w który rezystory łączy się szeregowo z uzwojeniem prądowym licznika. Obwód pomiarowy posiada tester ciągłości obwodów napięciowych, działający na zasadzie pomiaru prądu płynącego z uzwojenia wtórnego przekładnika napięciowego do układu napięciowego licznika.

Na rys.4 został pokazany przykładowy układ kontrolno-pomiarowy wraz z transmisją danych przez GSM i GPRS wraz z siecią światłowodową. Liczniki odczytywane są co 15 minut przez centralę, dodatkowo istnieje możliwość połączenia liczników przez rezerwowy modem GSM. Łącząc oba modemy można odczytać stan licznika, profil mocy lub ustawienia konfiguracyjne.

Niewątpliwą zaletą nowych rozwiązań jest odczyt przez sieć światłowodową. Za pośrednictwem modemu z portem LAN, do którego podłącza się koncentrator, zastosować Serwer LAN/RS485 i wpiąć w sieć liczniki. Taka konfiguracja jest bardziej niezawodna, dodatkowo można rozbudować sieć LAN o nowy port do telemetrii. Istnieje również możliwość sprzęgnięcia automatyki linii zasilających w PT z automatyką w GPZ. Można zatem uzyskać informację o zadziałaniu danego zabezpieczenia, lub monitorować stan pracy aparatury łączeniowej po stronie linii zasilającej 110 kV. Dodatkowym atutem takiego rozwiązania jest współpraca zabezpieczeń podstacji trakcyjnej 110 kV z zabezpieczeniami w GPZ oraz możliwość rezerwowania wyłączników podczas awarii wyłącznika

Współpraca PKP Energetyki z Energetyką Zawodową polega na tym, że Energetyka Zawodowa dostarcza energię elektryczną do rozdzielni w Podstacji Trakcyjnej o odpowiednich parametrach. PKP Energetyka utrzymuje Podstację Trakcyjną oraz linie zasilającą, następnie zasilą liniami SN linie potrzeb nieatrakcyjnych (LPN) oraz przetwarza energię na napięcie 3 kV prądu stałego którym zasilą trakcję elektryczną.

Podczas awarii na linii 110 kV lub rozdzielni stacji „PKP Energetyka” w polu linii zasilającej następuje odłączenie mostków w miejscu granicy własności. Granicą własności może być bramka liniowa lub odnoga od głównej linii. Ten sam kłopot wystąpi z sprawdzaniem zabezpieczeń na linii zasilającej. Energetyka zawodowa nie jest zainteresowana wyłączaniem linii 110 kV. Jeżeli już to robi, to stara się ograniczyć czas wyłączenia do niezbędnego minimum.

4. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE PODSTACJI TRAKCYJNYCH ZASILANYCH Z SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

4.1 Podstacje trakcyjne zasilane napięciem 15 kV

Starsze obiekty są zasilane dwoma liniami ŚN o napięciu 15 kV z GPZ. Remontując te obiekty realizuje się stopniowe przechodzenie z sterowania lokalnego w postaci dyżurnych na sterowanie z nastawni centralnej. Wiąże się to z ograniczeniem kosztów obsługi i lepszym wykorzystaniem zasobów ludzkich. W przypadku sterowania z NC dyspozytor nie musi kontaktować się dyżurnym danej podstacji, dawać polecenia wykonania i czekać na potwierdzenie wykonania. Sterowanie zdalne polega na wysyłaniu poleceń, otrzymywania meldunków o stanie urządzeń po przez komputery w NC, Taka komunikacja odbywa się bez zwłocznie.

Standardowa rozdzielnia SN 15 kV w PT jest podzielona na dwie sekcje, łączenie sekcji jest realizowane przez odłącznik sekcyjny. Zasilanie jest zrealizowane dwoma niezależnymi liniami 15 kV z GPZ. Takie rozwiązanie sprawdza się podczas przeglądów rozdzielni i wyłączeń sekcji lub linii. Dodatkowym udogodnieniem jest automatyka samoczynnego załączenia rezerwy (SZR) dla linii zasilających, dająca możliwość wyboru linii podstawowej lub odstawienia automatyki SZR.

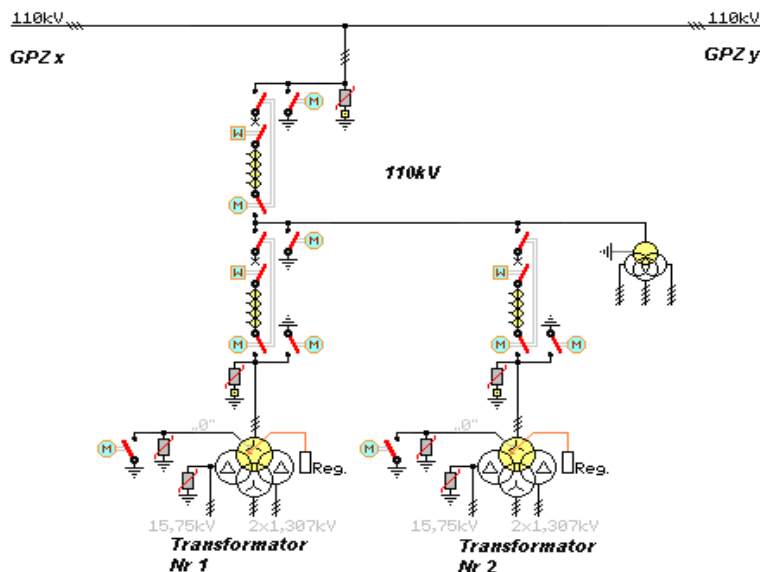
Do standardowych zabezpieczeń na liniach zasilających można zaliczyć zabezpieczenia: nadprądowe, przeciążeniowe, ziemnozwarciowe, zabezpieczenie pod napięciowe i nad napięciowe. Obie linie posiadają pośredni układ pomiarowy energii z licznikami do zdalnej transmisji danych. Stosuje się już sporadycznie sumatory energii na liniach zasilających typu KWAS lub DATAPAF. Obecnie dąży się do pomiaru dwoma licznikami na jednej linii, oraz licznik kontrolny. Przy dwóch liniach zasilających będzie to w sumie cztery liczniki połączone między sobą siecią RS485. W pierwszym jest zainstalowany moduł GSM z akumulatorem, w ostatnim rezerwowy moduł GSM. System odczytuje liczniki na liniach zasilających co 15 minut, gromadząc informacje o profilu mocy, przekroczeniach mocy, zużyciu energii itd. Dodatkowo montuje się odbiornik radiowy zegara Frankfurckiego 77,5 kHz który zapewnia synchronizację czasu rzeczywistego dla całego systemu. Liczniki potrzebują dodatkowego zasilania gwarantowanego z UPS co zapewnia bezprzerwową transmisję podczas zaników i przełączeń napięcia na liniach zasilających.

Pola SN potrzeb własnych wykorzystywane są do zasilania rozdzielni 400/230V. W starszym wykonaniu było to pole z odłącznikiem, a transformator był zabezpieczony od strony SN bezpiecznikami topikowymi. Po stronie wtórnej transformatora w rozdzielni n.n. zainstalowano wyłącznik oraz bezpieczniki BM które spełniają rolę odłącznika.

Pola SN zasilania transformatorów prostowników sieciowych posiadają odłącznik układowy oraz wyłącznik z zabezpieczeniami pola przed zwarcie, przeciążeniem, zabezpieczenia technologiczne. Standartowo dla podstacji przelotowej instaluje się dwa transformatory, a dla podstacji węzłowej trzy lub więcej. Instaluje się transformatory o napięciu 15/2,56 kV (Yd11) i mocy 4,4 MVA oraz o wykonaniu 15/1,3/1,3 kV (Yd11y) i mocy 6 MVA.

4.2 Podstacje trakcyjne zasilane napięciem 110 kV

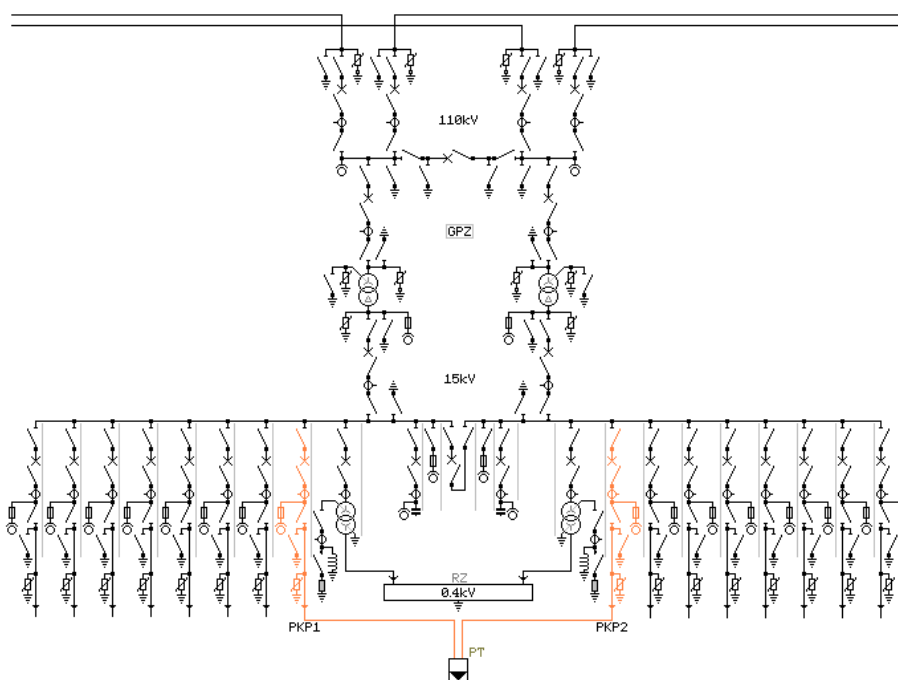
Podstacje Trakcyjne zasilane napięciem 110kV należą do najbardziej zaawansowanych technologicznie. Zasilanie podstacje trakcyjnych 110kV odbywa się przy pomocy jedno lub dwóch linii napowietrznej. Rozdzielnia 110 kV w podstacji trakcyjnej wygląda bardzo skromnie w porównaniu do rozdzielni 110 kV w GPZ energetyki zawodowej.



Rys. 5. Schemat rozdzielni 110kV dla podstacji trakcyjnej zasilanej z jednej linii

Na rysunku 5 pokazano schemat rozdzielni 110kV pracującej w układzie nie sekcjonowanym. Takie rozwiązanie upraszcza rozdzielnię, gdyż ma jedną sekcję z pośrednim pomiarem napięcia. W przypadku awarii wyłącznika linii zasilającej obiekt nie posiada rezerwy zasilania. Ze względu na zmiany napięcia na linii zasilającej, stacja została wyposażona w automatyczną regulację napięcia dla poszczególnych transformatorów. Wszystkie stacje 110 kV są sterowane zdalnie z nastawnej centralnej, właściwej dla danego obszaru.

Podczas zasilania dwiema liniami rozdzielnie można podzielić na dwie odrębne sekcje. Klasycznym przykładem jest zasilanie podstacji trakcyjnej dwoma liniami SN, jest to niezbędne do zachowania ciągłości zasilania sieci trakcyjnej, oraz do zasilania linii potrzeb nieatrakcyjnych z PT. Standardowo podstacja trakcyjna jest zasilana pierwszą linią z pierwszej sekcji, druga linia jest linią rezerwową, znajdującą się pod napięciem w stanie gotowości na przejęcie całego obciążenia gdy wystąpi awarii linii pierwszej. Poniżej na rys.6. został umieszczony przykładowy szkic stacji GPZ 110/15 kV, posiadający dwie linie zasilające 110 kV i dwie linie odpływowe 15 kV, pozwalające na wyłączenie dowolnego jednego elementu rozdzielni 110 kV przy zachowaniu ciągłości zasilania. Do wad takiego rozwiązania można zaliczyć zwiększenie nakładów na inwestycje.



Rys. 6. Przykład stacji GPZ 110/15kV z uwzględnieniem zasilania PT

Najczęściej spotyka się stacje z GPZ pracującymi w układzie H5 lub rozbudowane dodatkowo o dwa pola liniowe. Układ pracy zależy od miejsca w którym znajduje się GPZ oraz przyjętej strategii rezerwowania zasilania. Wszystkie linie mają na ogół możliwość zasilania z dwóch stron. Nie dotyczy to obiektów odgałęzionych, takich jak Podstacje Trakcyjne 110 kV pracujące w układzie nie sekcjonowanym.

Stacje elektroenergetyczne pracujące w sieci zamkniętej posiadają łączność wysokiej częstotliwości, która jest przestarzała a zastępuje się ją siecią światłowodową. Sterowanie rozdzielni 110 kV odbywa się z lokalnego pulpitu operatorskiego, terminali lokalnych lub zdalnych. Sterowanie zdalne odbywa się mostem radiowym lub przez światłowody. Dodatkowo do sterowania odłącznikami w terenie stosuje się własne łącza radiowe. Zabezpieczenia odległościowe linii realizowane są za pośrednictwem łącza wysokich częstotliwości (w.cz.) lub łącza światłowodowych.

Dla stacji GPZ istnieją różne możliwości zasilania, przelotowe lub jednostronne. Zasilanie jednostronne umożliwia wyłączenie drugiej linii usuwając na niej awarię. GPZ może być zasilany z dwóch stron, wtedy można podzielić na sekcje rozdzielnię 110 kV i rozdzielnię 15 kV, np. w celu przeglądu wyłącznika sekcyjnego, po otwarciu odłączników sekcyjnych z obu stron i uziemieniu wyłącznika z obu stron można dokonać przeglądu tego wyłącznika.

Standardowa rozdzielnia 110 kV składa się z dwóch sekcji. Każda sekcja posiada odłączniki i wyłącznik transformatora, odłączniki i wyłącznik linii napowietrznej (lub częściowo kablowej). Między sekcjami znajduje się wyłącznik sekcyjny z odłącznikami.

Transformatory 110/15 kV są zasilane przez wyłączniki i odłączniki danego pola zasilającego transformator. Transformatory posiadają automatyczną regulację napięcia, zabezpieczenia: różnicowo-prądowe, przeciążeniowe, nadmiarowo prądowe, technologiczne. Rozdzielnia posiada regulatory napięcia transformatora 110/15 kV niezależne dla każdej sekcji. Regulator napięcia odnosi się do napięcia strony pierwotnej transformatora, może współpracować z dodatkowym przełącznikiem zaczepek, synchronizując aktualną pozycję zaczepek, dla przełączników ślizgowych. Zastosowanie dodatkowego przełącznika zaczepek pozwala na bezprzerwową regulację napięcia pod obciążeniem wręcz w sposób płynny. W rzeczywistości napięcie 110kV nie jest stałym i waha się w zależności od obciążenia systemu. Napięcie po transformacji na stronie wtórnej powinno się utrzymywać na stałym poziomie 15,75 kV.

5. WNIOSKI

Krajowy System Energetyczny posiada podsystem dystrybucji energii elektrycznej do którego są dołączone podstacje trakcyjne. Dołączenie do systemu podstacji trakcyjnych odbywa się poprzez:

- dwie linie SN z stacji GPZ,
- jedną linią 110kV, biegnącą między dwoma stacjami GPZ,
- dwoma liniami 110kV z dwóch niezależnych linii między trzema stacjami GPZ,
- bezpośrednio z stacji GPZ dwoma liniami 110 kV.

Podstacje zasilane dwoma liniami SN z stacji GPZ są modernizowane w celu przejścia na pacę bezobsługową. Nie jest to łatwe, obiekty posiadają zróżnicowaną konstrukcję rozdzielni w zależności od przeznaczenia podstacji (węzłowa czy przelotowa), obiekty były budowane w różnym czasie, posiadają różny poziom zawansowania automatyki.

Podczas modernizacji podstacji trakcyjnej wymienia się wszystkie urządzenia nie spełniające wymagań projektu, wyłączniki, sterowniki, automatykę, okablowanie, całe rozdzielnie n.n., prostowniki, akumulatory. Dodatkowo uzbraja się w centrale przeciwpożarowe i alarmowe, sterownik temperatury i wilgotności, sterownik zdalnego sterowania odłącznikami, szafę sterującą obiektem.

Podczas budowy nowej podstacji trakcyjnej stosuje się najnowsze sprawdzone rozwiązania. Nowa PT musi być poddana próbom technicznym, przeprowadza się badania, próby napięciowe, pomiary, testy, sprawdza poprawność montażu, próby zwarciove, sprawdzanie rezystancji połączeń, sprawdza się czy mogą wystąpić napięcia rażenia (krokowe i dotykowe). Dodatkowo powołuje się komisje z różnych dziedzin (nawet ochrony środowiska), w celu określenia czy obiekt spełnia wszystkie wymagania. Jeżeli obiekt zostanie dopuszczony do eksploatacji, to zaczyna się praca pod nadzorem w celu sprawdzenia poprawności działania urządzeń podczas normalnej pracy.

Współpraca podstacji trakcyjnej z stacjami GPZ odbywa się na różnych poziomach,

- według „Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej” dla „PKP Energetyka” spółka z o. o. [5]
- według „Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Przemysłowej” dla PSE Operator S.A. [6]
- według dodatkowych instrukcji lokalnych, pisemnych poleceń na pracę, uzgodnień między zakładami.

Analizując możliwości sterowania podstacją trakcyjną, stwierdza się, że w przypadku nowych obiektów zasilanych napięciem 110 kV są one duże i rosną wraz z wzrostem transferu łączy między nastawnią centralną a podstacją trakcyjną. Do ograniczeń w PT 110 kV należy fakt, że odłączniki w rozdzielni 15 kV nie są sterowane zdalnie bo mają tylko napęd ręczny. Modernizowane podstacje trakcyjne nie posiadają w rozdzielniach odłączników sterowanych zdalnie. Poziom zawansowania technologicznego na obiektach zależy od potrzeb i możliwości finansowych inwestora.

Analizując możliwości stacji GPZ stwierdza się że najważniejsza jest niezawodność rozdzielni 110 kV. Modernizując stacje wymienia się sterowniki wyłączników, regulatory napięcia, zabezpieczenia, stosuje się łącza światłowodowe.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Frontczak F.: *Podstacje trakcyjne i ich zasilanie. Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1994*
- [2] <http://www.zprae.pl/assets/files/pdf/TLH-5.pdf>
- [3] <http://www.zue.pwr.wroc.pl>

[4] Beldowski M., Markiewicz H. : *Stacje i urządzenia elektroenergetyczne*, WNT, Warszawa 1992

[5] <http://www.pkpenergetyka.pl>

[6] <http://www.pse-operator.pl>