

**LABORATORIUM INFORMATYCZNE SYSTEMY
WSPOMAGANIA DYSPOZYTORÓW**

**Struktury elektroenergetycznych sieci
rozdzielczych i przesyłowych**

Autorzy:

dr inż. Zbigniew Zdun

mgr inż. Krzysztof Księżyk

mgr inż. Tomasz Zdun

Wprowadzenie

Ćwiczenie ma na celu zapoznać studentów z podstawowymi własnościami danych opisujących sieci rozdzielcze i przesyłowe, używanych na potrzeby narzędzi wspomagających pracę dyspozytorów. W trakcie ćwiczenia pokazane będą zbiory danych zawierających informacje topologiczne oraz konstrukcyjne elementów sieci. Przedstawiona zostanie również sposób prezentacji tych danych w postaci tabelarycznej oraz z wykorzystaniem graficznych schematów wewnętrznych stacji elektroenergetycznych oraz schematów sieci elektroenergetycznej. W trakcie zajęć zostaną omówione podstawowe informacje na temat pracy sieci przesyłowej i rozdzielczej ze szczególnym zwróceniem uwagi na różnice w prowadzeniu ruchu oraz dostępie do pomiarów w obu sieciach.

1 Uruchamianie i ogólne zasady pracy programu Plans

1.1 Uruchamianie programu Plans

Uruchamianie programu **Plans** następuje poprzez dwukrotne kliknięcie ikony Plans znajdującej się na pulpicie. Możliwe jest też uruchomienie programu poprzez wybranie polecenia: **Start→Programy→Plans→Plans**. Program Plans może być uruchamiany z dwoma parametrami z linii poleceń. Pierwszy parametr oznacza nazwę pliku z danymi sieciowymi, a drugi nazwę pliku z rysunkiem sieci na której zostaną wyświetlone wyniki obliczeń rozptywowych. Wprowadzenie tych nazw jest możliwe w opcji „*właściwości*” ikony programu. Uruchomienie programu tak skonfigurowanego spowoduje automatyczne wczytanie danych sieciowych z podanego pliku, obliczenie rozptywu mocy (wykonanie obliczeń iteracyjnych), otwarcie pliku z rysunkiem sieci i naniesienie na ten rysunek przepływów mocy (wyników obliczeń rozptywowych). Można program uruchamiać tylko z jednym parametrem – nazwą pliku z danymi sieciowymi, wtedy program w czasie uruchamiania wczyta dane z pliku (nie wykona obliczeń iteracyjnych).

1.2 Ogólne zasady korzystania z programu Plans

Po uruchomieniu programu Plans pojawi się ekran powitalny na czas około trzech sekund, a następnie program jest gotowy do wykonywania obliczeń.

Pierwszą funkcją jaka powinna zostać uruchomiona jest wczytanie danych sieciowych z pliku dyskowego po czym można przejść do obliczania rozptywów mocy (iterowania napięć), wydruku wyników obliczeń czy prezentacji graficznej wyników obliczeń na schematach sieci.

Główne menu programu składa się z następujących opcji:

- | | |
|-------------|---|
| Plik | - wczytywanie i zapis danych sieciowych, wprowadzanie uzupełnień, uruchamianie makr, ustawianie drukarki, drukowanie, |
| Dane | - edycja danych gałęziowych, węzłowych, obszarowych dopisywanie nowych węzłów i gałęzi, generatorów i odbiorów |

- Obliczenia** - obliczenie rozprężu mocy (iterowanie napięć węzłowych), obliczenia przy pomocy reguły N-1, obliczenia zwarciove,
- Wyniki** - prezentacja wyników w postaci tablic tekstowych lub na schematach sieci,
- Narzędzia** - ustawienie opcji obliczeniowych programu,
- Edytory** - wywołanie edytora grafiki lub edytora tekstu,
- Okno** - zmiana wyglądu okien – aktywne jeśli otwarte jest kilka okien,
- Pomoc** - wywołanie pomocy w standardzie Windows,
- Koniec** - zakończenie pracy programu,

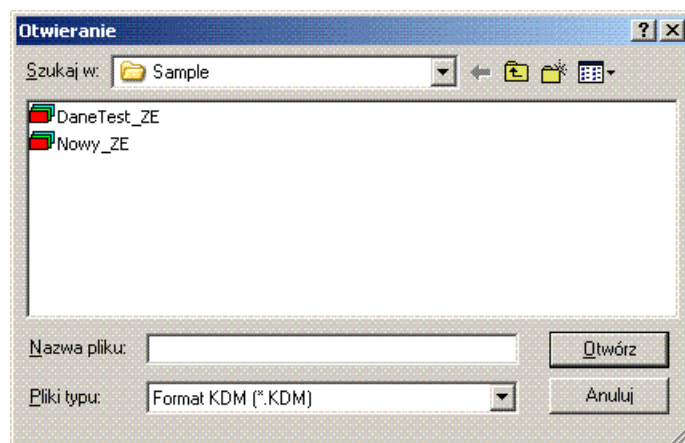
Wywoływanie poleceń realizuje się zgodnie z zasadami pracy w środowisku systemu Windows NT. Program Plans wykorzystuje tak zwaną specyfikację MDI (Multiple Documents Interface) co oznacza, że możliwa jest jednoczesna praca z wieloma oknami, na których będą wyświetlane różne dane czy wyniki obliczeń. Każde z tych okien może mieć własne menu z listą funkcji specyficznych dla danego rodzaju okna i wykonywanych w nim obliczeń. Poruszanie się pomiędzy tymi oknami jest dość łatwe i zgodne ze standardem i specyfiką systemu Windows. Oprócz głównego menu (widocznego na górnej belce okna), każde z nich posiada tak zwane menu podręczne (najczęściej wykorzystywane funkcje), wywoływane po wciśnięciu prawego klawisza myszy w obszarze okna.

W każdym momencie pracy z programem możliwy jest dostęp do systemu pomocy po wciśnięciu klawisza F1. System pomocy jest opracowany w standardzie systemu Windows NT.

2 Wprowadzanie i edycja danych sieciowych

2.1 Odczyt danych sieciowych

Wprowadzanie danych sieciowych z pliku odbywa się po wybraniu opcji: **Plik→Czytaj dane sieci**. Dane do programu Plans stanowi plik tekstowy w formacie ASCII, który może być tworzony i poprawiany przy pomocy dowolnego edytora, ale zawierający dane sieciowe w ustalonej kolejności (rozszerzony format KDM). Po wybraniu opcji **Plik→Czytaj dane sieci** otwiera się standardowe okno dialogowe wyboru pliku w systemie Windows NT jak na Rys. 2.1 .



Rys. 2.1. Okno dialogowe wyboru pliku

Po wybraniu nazwy pliku należy wcisnąć ENTER lub kliknąć w polu Otwórz i rozpoczyna się proces wczytywania danych. Przebieg wczytywania danych jest pokazywany w oknie dialogowym na ekranie mikrokomputera. Dane zostają wstępnie sprawdzone, a ewentualne błędy są zapisywane do pliku **Plans.his**. Dane po wczytaniu i po wstępnej kontroli w przypadku niewielkich błędów są w postaci nadającej się do wykonywania dalszych obliczeń.

2.2 Edycja danych sieciowych

Funkcje znajdujące w grupie **Dane** w menu głównym programu służą głównie do edycji danych sieciowych w postaci tabelarycznej (na siatkach). Dane opisujące elektroenergetyczną sieć przesyłową są podzielone na następujące grupy:

- Węzły** - dane opisujące węzły sieciowe (szyny WN),
- Generatory** - dane opisujące pojedyncze generatory przyłączone do węzłów sieci (szyn WN),
- Odbiory** - dane opisujące pojedyncze odbiory (transformatory WN/SN) przyłączone do węzłów sieci (szyn WN),
- Gałęzie** - dane opisujące topologię sieci i parametry impedancyjne linii i transformatorów,
- Linie** - dane szczegółowe dla linii przesyłowych,
- Transformatory** - parametry zawierające przekładnie i inne dane transformatorów,
- Obszary** - podział węzłów sieci na obszary i podobszary,
- Wariant** - pozwala wprowadzić osiem linijek tekstu jako opis danych.

Edycja danych odbywa się na siatce tabelarycznej - na ekranie wyświetlona jest tabela, przykładowo jak na Rys. 2.2. Posługując się myszką i suwakami jak również klawiszami do ruchów kursora wybiera się odpowiednie pole w tabeli (komórkę) i wciskając klawisz ENTER lub dwukrotnie klikając myszką przechodzi się do edycji zawartości pola tabeli. Podczas edycji wygląd danego pola siatki zmienia się na wgłębiony, pojawia się kursor i można zmieniać zawartość tego pola z

klawiatury. **Uwaga! Po wprowadzeniu nowej wartości należy ją potwierdzić klawiszem ENTER.** Jest to bardzo istotne, bowiem można za pomocą myszki przesunąć się na nowe pole lub w inne miejsce, ale wtedy poprzednie pole pozostanie nie zmienione. Takie podejście zapobiega przypadkowym zmianom zawartości komórek tabeli - zmianę zawsze należy potwierdzić klawiszem ENTER. Liczby dziesiętne wprowadza się z kropką (nie z przecinkiem). Edytować można zawartość tylko tych komórek, które są wyświetlane na białym tle. Komórki tabel na żółtym tle nie podlegają edycji, natomiast komórki na jasnoniebieskim tle podlegają specyficznej edycji - na przykład są to dane dwustanowe typu załącz/wyłącz. Przy próbie edycji takiego pola pojawia się okno dialogowe pozwalające na wybór z menu stanu tego pola.

Nazwa	Gałąź	Pocz.	Kon.	R	X	BC/2	In1	Stan	Typ	Go/2
				Ohm	Ohm	mikS	A(MVA)			mikS
MIL-A3	MIL-A3	MIL411	MIL221	1.024	48.800	0.00	400.0		Transf.	
KRA-A2	KRA-A2	KRA414	KRA214	1.024	48.800	0.00	400.0		Transf.	
1004	1004	MIL221	KRA214	7.062	54.300	171.00	1000.0			
2005	2005	KOZ212	KRA214	2.638	19.462	69.20	1220.0			
220	220	MIL211	KOZ212	6.142	36.290	134.50	950.0			
E004	E004	KRA414	MIL411	4.784	58.800	287.00	464.0			
MIL-A1	MIL-A1	MIL211	MIL111	0.799	33.202	0.00	160.0		Transf.	
MIL-A2	MIL-A2	MIL221	MIL111	0.799	33.202	0.00	160.0		Transf.	
MIL-T4	MIL-T4	MIL421	MIL121	2.400	99.008	0.00	250.0		Transf.	
KOZ-A1	KOZ-A1	KOZ212	KOZ122	0.760	32.791	0.00	160.0		Transf.	
145	145	PLS113	KOZ122	6.850	15.791	54.00	475.0			
C006	C006	MIL111	WAN113	4.869	15.430	49.90	720.0			
C007	C007	MIL121	WAN123	5.380	17.210	54.30	720.0			
C162	C162	ZAK121	WAR112	0.500	1.611	5.80	735.0			
S609	S609	LEG113	DBN112	2.600	8.900	26.60	735.0			
W405	W405	KZM112	WAN113	2.240	7.260	25.40	720.0			
C121A	C121A	WJE121	ZAK111	1.700	5.380	20.00	720.0			
C148	C148	MIL111	WJE111	0.290	0.950	3.40	630.0			
W406	W406	KOZ122	KZM112	1.660	5.380	18.80	720.0			
W411	W411	DBN112	KOZ122	2.490	8.001	28.30	720.0			
W432	W432	KOZ112	WAR112	4.200	13.620	47.90	720.0			
S628	S628	LEG133	PLS113	4.300	13.800	53.10	735.0			
S657	S657	LEG123	WAN113	3.300	12.300	48.10	800.0			
S658	S658	LEG133	WAN123	3.300	12.300	48.10	800.0			
IMIL211	IMIL211	MIL211	MIL221	0.010	0.100	0.00	2300.0			
IMIL411	IMIL411	MIL411	MIL421	0.010	0.100	0.00	2300.0			
IKOZ212	IKOZ212	KOZ212	KOZ222	0.010	0.100	0.00	2300.0			
IMIL111	IMIL111	MIL111	MIL121	0.010	0.100	0.00	2300.0			
IWJE111	IWJE111	WJE111	WJE121	0.010	0.100	0.00	2300.0			
IZAK111	IZAK111	ZAK111	ZAK121	0.010	0.100	0.00	2300.0	Wyl.		

Rys. 2.2. Typowe okno do edycji danych (gałęziowych).

Kolor niebieski liczb oznacza, że te liczby nie mają jeszcze w tej wersji programu istotnego zastosowania. W komórkach z wartościami liczbowymi należy wpisywać liczby, natomiast w polach tekstowych dopuszczalne są dowolne znaki widoczne, tak więc zamiast znaku spacji zaleca się stosować znak podkreślenia. Ponadto zwykle nazwy nie mogą zawierać więcej znaków niż osiem. Dla sieci o dużych rozmiarach, istotne jest poszukiwanie danego elementu w dużym zbiorze danych. Opracowano więc trzy funkcje pomocnicze, umieszczone zwykle w opcji **Narzędzia** lub w podręcznym menu (uruchamianym prawym przyciskiem myszki):

- Znajdź** - znajduje komórkę w której jest zawarty ciąg znaków,
- Sortuj** - sortowanie według wartości rosnących lub malejących,
- Filtruj** - wybór wierszy z tabeli według zadanego wzorca (kryterium filtracji).

Funkcje te również można uruchamiać klawiszami funkcyjnymi:

Ctrl+F - Znajdź, **F3** - Sortuj, **F4** - Filtruj.

Funkcje te działają na dowolnej kolumnie tabeli. W pierwszej chwili wybierana jest ta kolumna w której jest ustawiony kursor, lecz po uruchomieniu danej funkcji pojawia się okno dialogowe, w którym oprócz zadawania kryterium poszukiwania, sortowania czy filtracji można wybrać kolumnę oraz inne parametry sterujące poszukiwaniem, sortowaniem oraz filtracją. W każdej chwili można też wrócić do oryginalnej kolejności wyświetlania danych na siatce do edycji danych. W grupie **Narzędzia** znajdują się też dwie funkcje pozwalające na dopisanie lub usunięcie wiersza z tabeli. Z poziomu danej siatki można edytować rekord danych na oknie dialogowym wybierając z menu **Narzędzia** np. na oknie dialogowym Gałęzie pozycję **Gałąź** lub wciskając klawisz skrótu **F6** – klawisz ten jest aktywny na każdej siatce edycyjnej.

2.2.1 Edycja danych gałęziowych

Po wybraniu z menu **Dane→Gałęzie** aktywowane zostaje okno z siatką zawierającą dane gałęziowe. W kolejnych kolumnach tabeli znajdują się następujące dane:

Gałąź	- nazwa gałęzi, maksymalnie osiem znaków,
Pocz., Kon.	- nazwa węzła początkowego i końcowego gałęzi, maks. po osiem znaków
R	- rezystancja gałęzi, Ω , (dla transformatorów parametry impedancyjne odniesione są do napięcia znamionowego transformatora od strony węzła początkowego),
X	- reaktancja gałęzi, Ω ,
BC/2	- połowa całkowitej susceptancji linii, μS
In1(2,3,4)	- podstawowy dopuszczalny prąd maksymalny (dla odpowiedniego zakresu temperaturowego) w gałęzi wyrażony w Amperach; dla transformatorów moc S_n w MVA,
Stan	- stan pracy gałęzi: załączona (puste pole) lub wyłączona,
Typ*	- typ gałęzi: linia przesyłowa lub transformator.
Go/2	- połowa całkowitej konduktancji linii, transformatora - gałąź magnesująca, μS

* - Pochyłym drukiem oznaczono pola nie podlegające edycji (dotyczy to całej części opisu edycji danych). Pola nie podlegające edycji są wyświetlane na żółtym tle. Ponadto w dalszej części instrukcji normalną czcionką (nie pogrubioną) oznaczono pola nie mające znaczenia (nie biorące udziału w żadnych obliczeniach) w tej wersji programu.

2.2.2 Edycja danych linii przesyłowych

Po wybraniu z menu **Dane→Linie** aktywowane zostaje okno z siatką zawierającą dane dodatkowe linii przesyłowych. W kolejnych kolumnach tabeli znajdują się następujące dane:

Nazwa	- nazwa linii (gałęzi),
--------------	-------------------------

Pocz, Kon	- nazwa węzła początkowego i końcowego linii,
Vn	- napięcie znamionowe linii,
Typ	- typ linii: linia przesyłowa, łącznik szyn, linia prądu stałego,
In1,In2,In3,In4	- stopnie obciążalności prądowej linii w różnych przedziałach temperaturowych: <10°, 10°-20°, 20°-25°, >25°,
Długość	- długość linii, km
Przekr.	- przekrój przewodu, mm ² ,
X0	- reaktancja dla składowej zerowej, Ω,
Xm0	- reaktancja wzajemna (dla linii wielotorowych), Ω
Linia	nazwa drugiego toru linii sprzężonej
Szwp, Szwk	- moce wyłączalne wyłączników na obu krańcach linii, MVA,
Kmin,Kmax	- współczynniki kosztowe.

2.2.3 Edycja danych transformatorów sieciowych

Po wybraniu z menu **Dane→Transformatory** aktywowane zostaje okno z tabelą zawierającą:

Nazwa	- nazwa transformatora (gałęzi),
Pocz., Kon.	- nazwa węzła początkowego i końcowego transformatora,
Sn	- moc nominalna transformatora, MVA ,
Typ	- typ transf.: z regulacją przekładni lub bez,
Teta	- przekładnia napięciowa Un pocz./Un końc.,
Delta	- przekładnia kątowna, stopnie, (tylko dla transf. z reg. skośną),
Tmax,Tmin	- zakres regulacji zmian przekładni, kV/kV,
WezReg	- nazwa węzła w którym transf. reguluje napięcie
Uzad	- zadana wartość napięcia po stronie dolnej (końcowej), kV,
Vn1,Vn2	- napięcia nominalne, kV,
L.zacz.	- liczba zacsepów regulacyjnych,
zacz.akt.	- aktualne ustawienie przełącznika zacsepów,
dU/zacz.	- stopień regulacji, kV/(1 zacsep); jest obliczany automatycznie,

Alfa	-	kąt regulacji, stopnie, (dla transformatorów z reg. skośną),
X0G,X0D,X0W	-	reaktancje dla składowej zerowej (schemat gwiazdowy), Ω ,
Ukł.poł.	-	układ połączeń transformatora (np.Yd11),
Szwp, Szwk	-	moce wyłączalne wyłączników na obu krańcach transf., MVA,
Kmin,Kmax		współczynniki kosztowe.

2.2.4 Edycja danych węzłowych

Po wybraniu z menu **Dane**→**Węzły** aktywowane zostaje okno z siatką zawierającą:

Węzeł	-	nazwa węzła (szyny WN), maksymalnie 8 znaków,
Typ	-	typ węzła: 1 – PQ (odbiorowy - zadana moc czynna i bierna, a obliczane napięcie), 2 – PV (wytwórczy -zadana moc czynna i moduł napięcia, obliczana moc bierna i kąt napięcia), 3 – PV z ograniczoną produkcją mocy biernej (jeśli moc bierna przekroczy Qmax to typ zmieni się na –1, jeśli Qmin to na –2), 4 – bilansujący; węzeł PV powinien mieć Qmax=Qmin (np.0),
Uzad	-	zadana (spodziewana) wartość napięcia, kV,
PI, QI	-	zadana, sumaryczna wartość poboru mocy czynnej i biernej w węźle, MW, Mvar; odpływ od szyn ma znak minus,
Pg, Qg	-	sumaryczne wytwarzanie mocy w węźle, MW, Mvar,
Qmin, Qmax	-	zakres możliwości generacji mocy biernej w węźle, Mvar, (tylko dla węzłów typu 3),
Stan	-	status węzła, załączony lub izolowany,
Un	-	napięcie znamionowe węzła (szyny), kV,
Umin, Umax	-	dopuszczalny zakres zmian napięcia w węźle, kV,
Obsz.	-	numer obszaru sieciowego (kraju),
ODM	-	numer ODM; 1-Warszawa, 2-Radom, 3-Poznań, 4-Poznań, 5-Bydgoszcz,
ZE	-	numer Zakładu Energetycznego,
Region	-	numer regionu geograficznego,

Zawartości pól **PI, QI, Pg, Qg, Qmin, Qmax** są też zmieniane przez edycję mocy odbiorów i generatorów (w tabeli odbiory, generatory).

2.2.5 Edycja danych generatorowych

Po uruchomieniu z menu funkcji **Dane→Generatory** aktywowane zostaje okno z tabelą zawierającą:

Gen	- nazwa generatora (tworzona z pierwszych trzech znaków nazwy węzła oraz kolejnego numeru generatora w elektrowni), maksymalnie 8 znaków,
Węzeł	- nazwa węzła (szyny) do którego jest dołączony generator,
Stan	- status: załączony lub wyłączony,
Sn	- moc nominalna generatora, MVA,
Typ	- TG - turbogenerator, HG - hydrogenerator,
Pg	- moc czynna aktualnie produkowana przez generator, MW,
Pmin,Pmax	- dopuszczalny zakres produkcji mocy czynnej, MW,
Qg	- moc bierna produkowana przez generator, Mvar,
Qmin,Qmax	- dopuszczalny zakres produkcji mocy biernej, Mvar,
Pw,Qw	- potrzeby własne generatora, MW,Mvar,
Un	- napięcie znamionowe (odniesienia) generatora, jest to napięcie do którego zostały odniesione parametry impedancyjne generatora, kV,
Teta	- przekładnia transformatora blokowego, jest to stosunek napięcia znamionowego od strony szyn WN do napięcia Un generatora (z poprzedniej pozycji), kV/kV $\geq$ 1,
Rgt	- rezystancja zastępcza bloku generator-transformator, Ω ,
Xtb	- reaktancja transformatora blokowego, Ω ,
X''g	- reaktancja podprześciowa generatora (do obliczeń zwarciovych), Ω ,
X'g	- reaktancja przejściowa generatora (do badania równowagi statycznej), Ω ,
Xg	- reaktancja ustalona generatora (do obliczeń równowagi statycznej), Ω ,
X0	- reaktancja zerowa transformatora blokowego, Ω ,
Tm	- stała mechaniczna zespołu generator turbina, sekundy,
Kmin,Kmax	- współczynniki kosztowe.

Należy zaznaczyć, że do jednego węzła sieciowego może być przyłączonych wiele generatorów. Możliwe jest więc dokładne odwzorowanie pojedynczych bloków w elektrowni wraz z potrzebami własnymi każdego bloku oddzielnie. W modelu mogą być generatory wyłączone i załączone i w prosty sposób można modelować zmiany w produkcji mocy w elektrowniach.

W modelu występuje zawsze zgodność mocy węzłowych (szyn) z sumaryczną produkcją mocy przez generatory przyłączone do tej samej szyny (węzła). Zmieniając wartość produkcji mocy czynnej generatora, automatycznie zostanie zmieniona moc węzłowa. Zaleca się zmieniać obciążenia generatorów, a nie moce węzłowe.

Bardzo istotne są znaki, moce: dopływające powinny mieć zawsze znak plus, a odpływające od sieci powinny być ujemne. W generatorach moc P_g powinna więc mieć znak plus a potrzeby własne P_w należy wprowadzać z minusem. Moce generatorów są przypisane mocom na szynach WN, toteż uwzględnienie strat mocy czynnej i biernej w transformatorze blokowym możliwe jest poprzez zwiększenie mocy potrzeb własnych o te straty.

2.2.6 Edycja danych opisujących odbiory

Po wybraniu z menu **Dane→Odbiory** aktywowane zostaje okno z siatką zawierającą dane opisujące pojedyncze odbiory (transformatory WN/SN, dławiki, baterie kondensatorów, boczniki, itp.) przyłączone do węzłów sieciowych (szyny WN w stacjach elektroenergetycznych). W kolejnych kolumnach tabeli znajdują się następujące dane:

Odbiór	- nazwa odbioru – jest tworzona z pierwszych trzech znaków nazwy węzła oraz kolejnego numeru transformatora w stacji, maksymalnie 8 znaków,
Węzeł	- nazwa węzła (szyny) do którego jest dołączony odbiór,
Stan	- status: załączony lub wyłączony,
Sn	- Moc nominalna transformatora, MVA,
Typ	- PQ – transformator WN/SN, X – dławik lub bateria kondensatorów, Y – bocznik (zwykle wynikający z sieci ekwiwalentnej), PW – potrzeby własne generatorów, potrzeby własne na siatce z odbiorami nie mogą być edytowane, można je zmieniać na siatce generatorów,
PI	- moc czynna pobierana przez odbiór, MW,
Pmin,Pmax	- zakres zmian poboru mocy czynnej, MW,
CP	- współczynnik podatności PI odbioru na zmiany napięcia,
QI	- moc bierna pobierana przez odbiór, Mvar,
Qmin,Qmax	- zakres zmian poboru mocy biernej, Mvar,
CQ	- współczynnik podatności QI odbioru na zmiany napięcia,
Un	- napięcie znamionowe odbioru, kV,
Teta	- przekładnia transformatora,
R	- rezystancja transformatora, Ω ,
X	- reaktancja transformatora, Ω ,

X0 - reaktancja dla składowej zerowej transformatora, Ω ,

Kmin, Kmax współczynniki kosztowe.

Do jednego węzła sieciowego może być przyłączonych wiele odbiorów. Możliwe jest zatem odwzorowanie pojedynczych odbiorów (transformatorów WN/SN) stacji sieciowych. Można więc mieć w modelu odbiory wyłączone i załączone i w prosty sposób modelować zmiany w zapotrzebowaniu mocy przez odbiory. Odbiory typu PQ (transformatory) będą traktowane zwykle jako stały pobór mocy natomiast dławiki i boczniki pobierają moc zależną od kwadratu wyliczonego napięcia.

Występuje też zgodność mocy węzłowych (szyn) z sumarycznym poborem mocy przez odbiory przyłączone do tej samej szyny (węzła). Zmieniając na przykład wartość poboru mocy przez odbiór, automatycznie zostanie zmieniona moc węzłowa i odwrotnie - zmiana mocy węzłowej zmieni proporcjonalnie moc pojedynczych odbiorów.

2.2.7 Edycja danych definiujących obszary

Po wybraniu z menu **Dane→Obszary** aktywowane zostaje okno z siatką zawierającą dane definiujące obszary sieciowe. W kolejnych kolumnach tabeli znajdują się następujące dane:

Nazwa - nazwa obszaru, maksymalnie 24 znaki (bez spacji),

Pzap, Qzap - sumaryczne zapotrzebowanie mocy w obszarze, MW, Mvar,

Pgen, Qgen - sumaryczna produkcja mocy w obszarze, MW, Mvar,

Pwł, Qwł - potrzeby własne generatorów w obszarze, MW, Mvar

Saldo - saldo obszaru MW, (wielkość nie podlegająca edycji),

Nr obszaru - numer obszaru (kraju),

Nr ODM - numer ODM: 1-Warszawa, 2-Radom, 3-Poznań 4-Poznań, 5-Bydgoszcz; można również wprowadzić dowolny podział,

Nr ZE - numer Zakładu Energetycznego,

Nr regionu - numer regionu geograficznego.

Zmiana na siatce sumarycznego zapotrzebowania lub generacji mocy w obszarze spowoduje zmianę mocy odbiorów lub generatorów proporcjonalnie do zmiany sumarycznej w obszarze. Opcja ta jest stosowana do 'dopasowania' obciążenia sieci w modelu do aktualnego obciążenia sieci. Zaleca się dostosowywać w ten sposób zapotrzebowanie na moc, zaś generację mocy dostosowywać poprzez załączanie lub wyłączanie generatorów w elektrowniach. Numery obszarów i podobszarów powinny być zgodne z odpowiednimi numerami przyporządkowania węzłów do obszaru na siatce z danymi węzłowymi.

3 Obliczenia rozptywowe

3.1 Obliczenia rozptywowe - iterowanie napięć.

Obliczenia rozptywowe polegające na iterowanie napięć węzłowych dla zadanych mocy węzłowych należy wykonać po wczytaniu danych lub edycji danych sieciowych - zmianie topologii lub zmianie obciążenia sieci. Funkcja **Obliczenia→Rozptyw** oblicza napięcia węzłowe dla zadanych obciążeń sieci.

Obliczenia rozptywowe są sterowane parametrami których wartości można zmieniać w opcji **Narzędzia→Opcje→Rozptyw** gdzie wyświetlane jest okno dialogowe umożliwiające zmianę parametrów sterujących tym procesem:

Metoda	wybór metody obliczeń; możliwe są:
Stott	metoda Stotta,
Newton	metoda Newtona,
Gauss	metoda Gaussa-Seidla,
Ward	metoda Warda-Halle'a,
MetDC	metoda stałoprądowa Stotta.
Maks.Liczba iteracji	maksymalna liczba iteracji,
Dokładność iteracji	dokładność obliczeń iteracyjnych,
Wstępna dokładność	wstępna dokładność obliczeń iteracyjnych,
Wsp. nadrelaksacji	współczynnik nadrelaksacji, służący do zwiększenia przydziału pamięci dla rozwiązywanego układu równań,
Kontrola mocy biernych w generatorach	jeśli "tak" to po osiągnięciu odpowiedniej dokładności obliczeń iteracyjnych kontrolowany będzie zakres generacji mocy biernej w węzłach typu PV z QGMAX lub QGMIN różnym od zera.
Regulacja przekładni transformatorów	parametr steruje regulacją przekładni transformatorów; jeśli "tak" to podczas obliczeń iteracyjnych będzie zmieniana wartość przekładni transformatorów regulacyjnych, (z Tmax i Tmin różnym od zera) tak, by utrzymać zadaną wartość napięcia węzła końcowego transformatora.
Regulacja wymiany salda	jeśli "tak" to sprawdzane jest saldo wymiany mocy danego podobszaru z innymi obszarami sieci; (funkcja ta wymaga dodatkowych danych),
Charakterystyki PQ(Vi)	umożliwia uwzględnienie charakterystyk napięciowych mocy odbiorów,

Rozdział niezbilansowa- określa rozdział niezbilansowania mocy czynnej w węźle bilansującym na inne węzły; (funkcja ta wymaga dodatkowych danych),
nia mocy czynnej

Start płaski rozpoczęcie iterowania ze startu płaskiego (zerowe kąty fazowych napięć, a moduły równe napięciom zadany),

Wydruki pośrednie parametr ten pozwala uzyskać dokładne wyniki z przebiegu obliczeń,

Ustawienie parametru **Wydruki pośrednie** na "tak" powoduje dopisanie do pliku o nazwie "Plans.his" przebiegu obliczeń iteracyjnych: niezbilansowań mocy oraz przebieg regulacji transformatorów, mocy biernych i salda wymiany obszaru.

Współczynnik nadrelaksacji jest wykorzystywany do zwiększenia zakresu rezerwacji pamięci na ulokowanie i rozwiązanie liniowego układu równań w wielu funkcjach (**Stott, Newton, Zwarcia**,). Do rozwiązywaniu układu równań wykorzystuje się rozkład trójkątny macierzy współczynników równań. Podczas tego rozkładu powstają nowe elementy macierzy, a ilość tych elementów zależy od struktury sieci i jest trudna do obliczenia. Jeśli podczas rozkładu macierzy pojawi się sygnał *Brak pamięci* to zwiększenie współczynnika nadrelaksacji może pomóc, bowiem przy następnym podejściu do rozkładu, rezerwacja pamięci będzie zwiększona o ten współczynnik (pomnożona).

Po uruchomieniu procesu iteracyjnego pojawia się na ekranie okno dialogowe, gdzie można obserwować proces zbieżności (nazwę węzła sieciowego o największym niezbilansowaniu i wartość tego niezbilansowania= $|dP| + |dQ|$), liczbę regulowanych transformatorów oraz liczbę elektrowni, w których wystąpiły przekroczenia mocy biernej. Na ekranie są sygnalizowane pewne błędy: jak rozbieżność procesu iteracyjnego oraz osobliwość macierzy układu, która występuje gdy sieć jest niespójna. W przypadku wystąpienia rozbieżnego procesu iteracyjnego program sam wybiera opcję **Start płaski** i ponownie wykonuje rozptyw mocy. Jeśli jednak dalej niezbilansowania mocy rosną to proces iteracyjny jest rozbieżny i jest automatycznie przerywany.

Proces iteracyjny można w każdej chwili przerwać przez naciśnięcie przycisku "Przerwij" na oknie dialogowym pokazującym przebieg procesu iteracyjnego.

4 Praca na schematach sieci

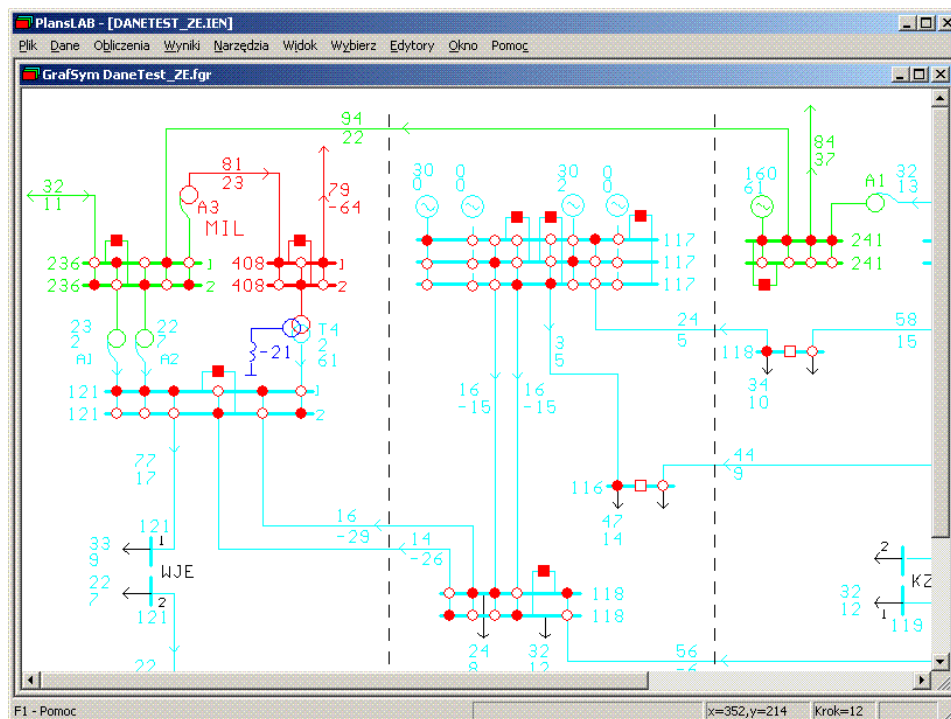
Wywołując funkcję **Grafika→Węzeł** z menu **Obliczenia** lub **Wyniki** programu Plans uruchamia się podprogram do wygenerowania schematu danej stacji sieciowej i wyświetlenia go na ekranie mikrokomputera wraz z naniesionymi przepływami mocy w liniach, transformatorach, generatorach i odbiorach podłączonych do tej stacji. Możliwe jest też wczytanie dowolnego schematu sieciowego przygotowanego wcześniej edytorem grafiki i użycie tutaj tego schematu do graficznej prezentacji rozptywu mocy. Po wywołaniu funkcji **Grafika**, pojawi się podmenu:

Schemat -wybór schematu sieci z gotowego zestawu rysunków,

Węzeł -wybór węzła dla którego ma być generowany schemat stacji,

Gałąź -wykres wektorowy wybranej gałęzi,

Wywołanie opcji **Schemat** spowoduje pojawienie się na ekranie mikrokomputera okna z żądaniem wprowadzenia nazwy pliku na dysku zawierającego rysunek przygotowany wcześniej edytorem grafiki. Przyjęto zasadę, że taki plik będzie miał rozszerzenie ***.fgr** i przygotowany został wcześniej za pomocą edytora grafiki. Po wczytaniu pliku pojawi się na ekranie schemat sieci z naniesionym rozpięciem mocy przykładowo jak na (rys.4.1):



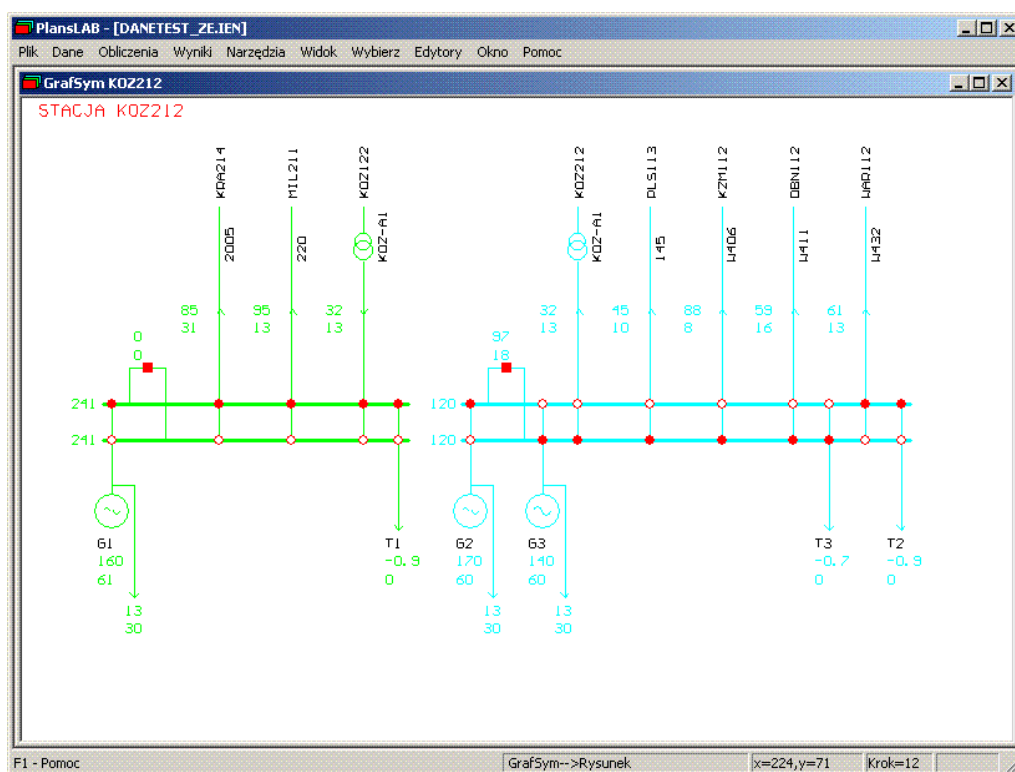
Rys.4.1. Przykładowy schemat sieci z naniesionym rozpięciem mocy

Funkcja **Węzeł** rozpoczyna prezentację wyników obliczeń rozpięciowych w postaci graficznej, od utworzenia, na podstawie danych tekstowych do obliczeń, schematu graficznego (rysunku) stacji sieciowej. Po wybraniu **Węzeł** pojawi się na ekranie okno dialogowe w które należy wpisać nazwę węzła (początkowe litery) lub wyszukać go z listy. Po odszukaniu interesującego nas węzła i potwierdzeniu pojawi się schemat graficzny elektroenergetycznej stacji sieciowej, której jednym z elementów (jedną z szyn) jest wybrany węzeł sieciowy. Schemat stacji jest automatycznie generowany i zapisywany do pliku **stac.fgr** według następujących zasad:

1. Odszukiwane są według wzorca wszystkie węzły które stanowią jedną stację sieciową; (porównywane znaki na pozycjach oznaczonych we wzorcu symbolem '?' każdego węzła z wybranym wcześniej węzłem). W wersji domyślnej KDM porównywane są pierwsze trzy i szósty znak nazwy wybranego węzła z każdym innym węzłem.
2. Według znaku występującego w nazwach wybranych węzłów, na pozycji oznaczonej we wzorcu 'U', (domyślnie pozycja czwarta), następuje podział węzłów na różne poziomy napięć: 4 - szyny 400 kV, 2 - 220kV, 1 - 110kV.
3. Na podobnej zasadzie jak wyżej, jest określany układ szyn na każdym napięciu: jednoszynowy dwuszynowy lub trószynowy.
4. Obliczane są 'długości' szyn na każdym napięciu: obliczana jest liczba linii przesyłowych i transformatorów sprzęgających przyłączonych do każdego układu szynowego.

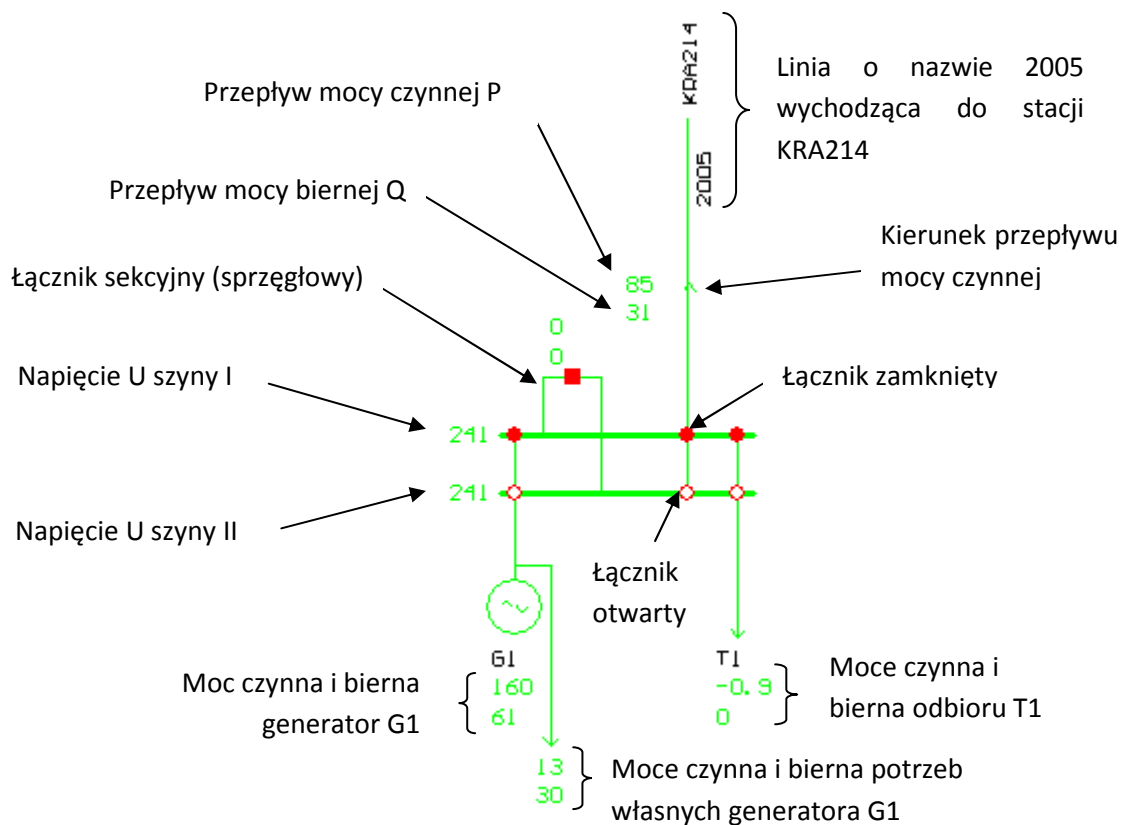
5. Wykrywana jest gałąź modelująca wyłącznik sprężelowy.
6. Dorysowywane są wszystkie generatory (lub jeden zastępczy) i odbiory podłączone do danej stacji wraz z łącznikami umożliwiającymi przełączenia generatorów i odbiorów do różnych szyn (o takim samym napięciu) w danej stacji. Jeden z odbiorów oznacza sumaryczny pobór mocy przez potrzeby własne wszystkich generatorów przyłączonych do danych szyn (jeśli oczywiście są generatory dołączone do szyn).

Po analizie układu połączeń według zasad 1 - 5 jest rysowany schemat stacji wraz z liniami i transformatorami (transformatory są rysowane podwójnie - zarówno na przykład przy szynach 400 kV jak i 220 kV) oraz generatorami i odbiorami (rys.4.2). Linie, transformatory, generatory i odbiory są odpowiednio opisywane - podawane są ich nazwy i węzły drugiego krańca oraz są nanoszone strzałki oznaczające kierunki przepływów mocy. Ponadto są rysowane symbole łączników pozwalających dokonywać przełączeń.



Rys. 4.2. Przykładowy schemat stacji wygenerowany przez program Plans.

Objaśnienie elementów widocznych na schematach przedstawiono na rysunku 4.3.



Rys. 4.3. Objaśnienie elementów najczęściej spotykanych na schematach stacji oraz sieci.

Po narysowaniu na ekranie schematu sieci lub stacji są nanoszone na narysowany schemat przepływy mocy w liniach i transformatorach oraz moce węzłowych czy moce generatorów i odbiorów – nanoszony rozpył mocy w sieci.

Należy podkreślić, że łącznikiem pomiędzy rysunkiem na ekranie a zestawem danych sieciowych są atrybuty tekstowe elementów graficznych narysowanych na ekranie (linii, okręgów, łuków itp.). Każdy element graficzny na ekranie może mieć atrybut tekstowy w postaci nazwy węzła sieciowego lub nazwy gałęzi sieci elektroenergetycznej. Atrybuty te w przypadku generowania schematu sieci przez program (Opcja "Węzeł") są nadawane automatycznie. W przypadku tworzenia schematu przy pomocy edytora graficznego atrybuty te wprowadza się po narysowaniu elementu graficznego. Tak więc po wykryciu szyny (elementu graficznego) z atrybutem węzła sieciowego występującego w danych sieciowych pojawi się na ekranie okno dialogowe w którym można edytować dane sieciowe takie jak na przykład zadane napięcia, moce odbierane, generowane itp. Wybranie węzła sieciowego może też być wykonane przez wskazanie tekstu na ekranie oznaczającego napięcie w węźle lub moc węzłową.

Rozmiary schematu można zmieniać przy użyciu funkcji **Widok...** . Po wybraniu tej funkcji otwiera się kolejne menu zawierające następujące opcje: **Normalny**- schemat w skali 1:1, **Powiększenie** – możliwość powiększenia wybranego myszką okna na schemacie do rozmiarów całego okna, **Skala** – dobranie liczbowo skali rysunku przedstawiającego schemat, **Całość** – cały schemat przedstawiony na ekranie, **Warstwy** – wybór warstwy rysunkowej zawierającej poszczególne elementy rysunku takie

jak: schemat podstawowy, wyniki rozptywu, oznaczenia itp., **Odrytuj** – regeneracja rysunku – odrysowanie rysunku z naniesionym ponownie rozptywem mocy. W funkcji **Widok** opcja **Przekroczenia** pokazuje w trybie migającym elementy sieci w których występuje przekroczenia (w gałęziach prądowe, na szynach napięciowe).

Na schemacie stacji lub sieci można wykonywać operacje **Wybierz** uruchamiane z menu głównego lub podręcznego (po naciśnięciu prawego klawisza myszy). W opcji **Wybierz** są następujące możliwości:

- | | |
|---------------------|--|
| Przełączenia | - dokonywanie przełączeń elementów (linii, transformatorów, generatorów i odbiorów), |
| Stacja | - edycja na oknie dialogowym wszystkich elementów znajdujących się we wskazanej stacji sieciowej lub elektrowni, |
| Szyna | - edycja na oknie dialogowym parametrów węzła (szyny), |
| Generator | - edycja na oknie dialogowym danych opisujących wskazany generator, |
| Odbiór | - edycja na oknie dialogowym danych opisujących wskazany odbiór, |
| Gałąź | - edycja na oknie dialogowym parametrów gałęzi (linii przesyłowej lub transformatora), |
| Tekst | - wyszukiwanie na rysunku zadanego tekstu, |
| Rysunek | - zmiana rysunku sieci. |
| Opcje | - opcje wyświetlania wyników obliczeń rozptywowych na schemacie. |

Opcja **Przełączenia** pozwala na zmiany topologii układu sieciowego:

- wyłączyć linię lub transformator,
- przełączyć linię lub transformator na inny układ szyn w obrębie danej stacji,
- wyłączyć, przełączyć albo załączyć generator lub odbiór.

Po wywołaniu funkcji **Przełączenia** należy wskazać odpowiedni wyłącznik na rysunku. Jeśli wyłącznik jest zamknięty to następuje obustronne wyłączenie gałęzi. Jeśli wyłącznik jest otwarty, to gdy gałąź była wyłączona następuje jej załączenie, a jeśli gałąź była załączona to następuje jej przełączenie na inny układ szyn zbiorczych (wskazywanych wyłącznikiem - innej możliwości nie ma). Można dokonywać jednocześnie wielu przełączeń, ale dla dużych sieci trzeba robić to ostrożnie. Zmian topologicznych w układzie połączeń należy dokonywać dość ostrożnie. Niedopuszczalne jest wyizolowanie fragmentu sieciowego, to znaczy takie wyodrębnienie fragmentu sieci, który nie będzie miał węzła bilansującego. Program przed liczeniem rozptywu mocy nie sprawdza tutaj spójności sieci.

Opcja **Stacja** pozwala edytować parametry topologiczne i obciążeniowe węzłów i gałęzi stanowiących jedną stację sieciową lub elektrownię. W tym celu po wybraniu z menu opcji **Stacja** należy wskazać szynę (linię grubą) oznaczającą węzeł sieciowy. Po wykryciu szyny z atrybutem węzła sieciowego występującego w danych sieciowych pojawi się na ekranie okno dialogowe w którym będzie wykaz wszystkich elementów wchodzących w skład jednej stacji sieciowej czy elektrowni.

Przynależność elementów do jednej stacji jest zdefiniowana w nazwach węzłów. W polskim systemie nazewnictwa węzłów, przynależność ta jest określana pierwszymi trzema literami i szóstą w nazwach węzłów. Opcja **Podpis** pozwala wprowadzić podpis pod rysunkiem jaki pojawi się przy wydruku rysunku na drukarce (Podgląd wydruku).

Z poziomu okna dialogowego stacji można otwierać następne okna dialogowe do edycji danych opisujących elementy stacji: szyny, generatory, gałęzie (Linie i transformatory), odbiory, a także zmieniać sumaryczne zapotrzebowanie obszaru (Regionu, ZE, ODM) w którym jest zlokalizowana wybrana stacja.

Opcja **Szyna** pozwala edytować parametry obciążeniowe węzłów (szyn). W tym celu po wybraniu z menu opcji **Szyna** należy wskazać szynę (linię grubą) oznaczającą węzeł sieciowy. Pojawi się na ekranie okno dialogowe zawierające dane węzłowe i z poziomu tego okna można zmieniać dane węzłowe: Uz,PI,QL,Pg,Qg,Qmin,Qmax. Uwaga: Jeśli moce PI i QL są zerowe to należy najpierw na siatce **Dane→Odbiory** dopisać odbiór (**Narzędzia→Dopisz**) i dopiero wtedy można wywoływać w **Grafice** okno do edycji danych odbiorowych. Podobnie jest z mocami generowanymi Pg,Qg – jeśli są zerowe należy dopisać generator.

Opcja **Generator** pozwala edytować dane generatorów. W tym celu po wybraniu z menu opcji **Generator** należy wskazać symbol generatora na rysunku. Pojawi się na ekranie okno dialogowe zawierające dane generatorów i z poziomu tego okna można dane te edytować.

Opcje **Odbiór** i **Gałąź** służą do edycji danych odbioru i gałęziowych (linii przesyłowej i transformatora, a ich uaktywnianie następuje po wskazaniu na rysunku strzałki oznaczającej odbiór w przypadku edycji danych odbioru lub linii czy symbolu transformatora w przypadku edycji danych gałęziowych.

Opcja **Tekst** poszukuje na rysunku określonego tekstu oznaczającego na przykład nazwę stacji. Poszukiwanie odbywa się na całym rysunku (również w części niewidocznej) po wprowadzeniu w oknie dialogowym żadanego tekstu. Pozwala to znaleźć i wyświetlić na ekranie (w centralnym obszarze) dowolny fragment rysunku z wybraną stacją. Ułatwia to posługiwanie się dużymi rysunkami.

Opcja **Rysunek** pozwala przejść do innej stacji sieciowej lub innego schematu sieciowego. W celu przejścia do innej stacji należy wskazać na rysunku nazwę węzła umieszczoną na przykład na końcu linii na rysunkach wygenerowanych przez program.. Można również wskazać dowolny tekst na rysunku i wtedy nastąpi sprawdzenie:

1. Czy w danych sieciowych jest węzeł o wskazanej nazwie - jeśli tak to program automatycznie utworzy schemat stacji zawierającej ten węzeł,
2. Czy na dysku w aktualnym katalogu znajduje się plik o wybranej nazwie z rozszerzeniem *.fgr i jeśli tak - to ten plik jest wczytywany i następuje przejście do wyświetlenia rysunku zawartego w tym pliku.
3. Jeśli operacje z p.1 i 2 zakończą się negatywnie to pojawi się okno dialogowe z 'menu' zawierające wcześniej wyświetlane rysunki stacji lub sieci i można jeden z tych rysunków wybrać. Wciśnięcie lewego klawisza myszki na pustym tle spowoduje natychmiastowe pojawienie się 'menu' z wcześniej przeglądanyymi schematami.

Funkcja **Rysunek** umożliwia dosyć łatwe poruszanie się po zestawie schematów wybierając kolejny schemat stacji czy rysunek sieci, jak i cofając się do schematów już wcześniej przeglądanych.

W opcji **Wybierz→Opcje** jest otwierane okno dialogowe, które zawiera ustawienia parametrów sterujących wyświetlaniem wielkości elektrycznych (rozpływu mocy) na schematach graficznych. Na oknie tym można ustalić jakie wielkości będą wyświetlane na schemacie, i tak w miejscu gdzie jest wyświetlany przepływ mocy czynnej można wyświetlić moc pozorną w linii lub straty mocy czynnej lub rezystancję gałęzi, albo jej nazwę. W polu mocy biernej: stopień obciążenia gałęzi [%] lub reaktancję albo prąd dopuszczalny (I_{max} związany z aktualnie ustawionym w opcji **Przekroczenia** zakresem temperaturowym). Obok węzła wyświetlane są napięcia, moc czynna i moc bierna. Można też wyświetlanie każdej z tych wielkości oddzielnie zablokować.

5 Opis testowej sieci WN i SN

Sieć testowa składa się z części wysokiego napięcia WN i części średniego napięcia SN. Na schemacie sieci wyświetlonym w programie Plans elementom o zostały przypisane kolory według ich napięcia znamionowego:

- Kolor czerwony – napięcie 400 kV
- Kolor zielony – napięcie 220 kV
- Kolor niebieski – napięcie 110 kV
- Kolor fioletowy – napięcie 15 kV

Sieć WN pracuje jako sieć wielokrotnie zamknięta – pomiędzy dwoma węzłami elektrycznymi istnieje wiele dróg dla przepływu prądu. Dzięki temu wyłączenie dowolnej linii (dowolnej drogi) nie spowoduje przerwy w zasilaniu, czasami może jedynie wprowadzić ograniczenie w ilości przesyłanej energii elektrycznej.

Sieć SN pracuje jako sieć otwarta, o strukturze drzewa. Istnieje tam tylko jedna droga zasilania, GPZ - Głównego Punktu Zasilania, tzn. od transformatora 110/SN, do wybranego węzła. W takiej sytuacji wyłączenie jednej gałęzi spowoduje przerwę w zasilaniu wielu stacji odbiorczych SN/nn, zasilanych z danego ciągu SN wychodzącego. Należy zwrócić uwagę, że wyłączone zostaną nie tylko stacje umiejscowione „poniżej” danej gałęzi, ale również stacje znajdujące się na odcinku GPZ – badana stacja. Wynika z tego, że w sieci SN zabezpieczenia znajdują się zazwyczaj tylko w GPZ i w przypadku zakłócenia – zwarcia – one zostają pobudzone i wyłączają linię wychodzącą ze stacji zasilającej. W celu przywrócenia zasilania należy albo wyeliminować przyczynę zakłócenia, albo dokonać przełączeń powodujących wyłączenie uszkodzonego odcinka linii i załączenie napięcia z jednej strony oraz zasilania rezerwowego z drugiej (o ile istnieje taka możliwość). Manewrowanie łącznikami w sieci SN wymaga jednak wysłania ekipy technicznej, ponieważ ze względu na znaczne koszty łączniki w sieci SN nie są stelemehanizowane i wymagają sterowania ręcznego.

Sieć WN w odróżnieniu od sieci SN jest praktycznie cała stelemehanizowana. Oznacza to, że z punktu dyspozytorskiego operatora sieci możliwy jest zarówno odczyt stanu łączników oraz odczyt pomiarów dostępnych na stacji, jak i sterowanie łącznikami w stacji. W znacznym stopniu zwiększa to możliwość prowadzenia bezpiecznej pracy sieci, reagowania na zagrożenia w pracy sieci i

likwidowanie skutków awarii. Ponadto możliwość dysponowania pomiarami umożliwia pełną identyfikację stanu pracy sieci WN.

6 Przykładowy przebieg ćwiczenia

1. Uruchomić program Plans i wczytać dane
2. Przejrzeć zbiory danych opisujących sieć : Węzły, Generatory, Odbiory, Gałęzie, Linie, Transformatory, Obszary
3. Dokonać obliczenia rozptywu mocy
4. Wyświetlić schemat wewnętrzny dowolnej stacji elektroenergetycznej WN. Zapoznać się z użytymi symbolami oraz ze sposobem przedstawiania wyników obliczeń.
5. Wyświetlić schemat sieci WN. Zapoznać się z układem sieci WN. Zwrócić szczególną uwagę na strukturę zamkniętą pracy sieci WN.
6. Wyświetlić fragment sieci SN. Zapoznać się z układem sieci SN. Zwrócić szczególną uwagę na strukturę otwartą pracy sieci SN.