

Wiesław GOC

Joachim BARGIEL

Bogusław TEICHMAN

OCENA NIEZAWODNOŚCI SCHEMATU GŁÓWNEGO STACJI ELEKTROENERGETYCZNEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę oceny niezawodności schematu głównego stacji, założenia oceny niezawodnościowej, charakterystyki niezawodnościowe elementów przełączających, model matematyczny oraz przykład obliczeń stacji w układzie typu H4 za pomocą komputera IBM PC.

Summary. This paper presents a method of reliability evaluation of the main scheme of a power substation and assumptions of reliability characteristics of switching elements, mathematical model and a computer program. An example computed (IBM PC) for the substation in a "H4-configuration" is shown.

Резюме. В статье приводится метод оценки надежности главной схемы подстанции, сделанные допущения и надежные характеристики элементов схемы. Приводится тоже математическая модель и расчетный пример для подстанции в схеме типа H4, сделанный с помощью микрокомпьютера IBM PC.

1. WSTĘP

W racjonalnym zaprojektowaniu stacji elektroenergetycznej - która wymaga rozwiązania wielu zagadnień techniczno-ekonomicznych związanych z: budową stacji, doбором schematu głównego, wyborem parametrów urządzeń - najważniejsza rola przypada na zaprojektowanie schematu głównego. Schemat ten określa: nakłady poniesione na urządzenia, późniejsze koszty eksploatacyjne oraz

wszystkie właściwości związane z eksploatacją i występującymi stanami pracy w tym czasie. Najważniejszą właściwością, którą należy uwzględnić przy wyborze schematu głównego jest zapewnienie wysokiej niezawodności eksploatacyjnej, bowiem - jak wynika z praktyki - około połowa nieplanowanych wyłączeń linii jest powodowana przez urządzenia stacyjne.

Celem analizy niezawodnościowej stacji może być względne porównanie wariantów schematów głównych (dla konkretnej lokalizacji lub typowej stacji) albo określenie bezwzględnej wartości zawodności określonej stacji jako węzła sieci [1...11]. Przedstawiona dalej metoda może być użyta do obu rodzajów analiz.

2. ZAŁOŻENIA OCENY NIEZAWODNOŚCIOWEJ STACJI ELEKTROENERGETYCZNEJ

Stacja elektroenergetyczna stanowi ważną część systemu elektroenergetycznego. Spełnia ona zazwyczaj kilka zadań o różnych znaczeniach dla systemu elektroenergetycznego. Zadania te można określić następująco:

- zapewnienie wyprowadzenia mocy z elektrowni i jej rozdział,
- zapewnienie transformacji do sieci podległej, przy czym zależnie od liczby zainstalowanych w stacji transformatorów rozpatruje się tutaj utrzymanie zasilania z: - jednego transformatora, - dwóch transformatorów, - itd.,
- zapewnienie tranzytu mocy dla określonej relacji linii przyłączonych do niej (np. linia l_1 - linia l_2).

Nie każde z tych zadań mają spełniać wszystkie stacje. Zadania, które ma spełniać dana stacja, zależą od systemu elektroenergetycznego i wynikają m.in. z położenia stacji i jej wielkości. Zadania danej stacji - ζ - tworzą pewien zbiór Z . Spełnienie tych zadań wiąże się ściśle z jej schematem głównym.

W okresie eksploatacji rozdzielnia znajduje się w różnych stanach pracy, które wynikają z konieczności wykonania okresowych konserwacji (planowych remontów) na jej elementach składowych. Strategię wykonywania tych prac planowych narzuca współpraca z systemem elektroenergetycznym. Powstaje wówczas kilka układów topologicznych - μ - odpowiadających poszczególnym planowym stanom pracy: tzw. układ normalny, w którym wszystkie elementy stacji są zdadne do pracy i kilka planowanych układów konserwacyjnych. Układy te nazwano planowanymi układami pracy; tworzą one zbiór układów pracy U ; $\mu \in U$. W okresie eksploatacji poszczególnym planowanym układom połączeń

odpowiadają planowane stany pracy. Związane z tym układy μEU powtarzają się cyklicznie. Czasy planowych stanów są różne i wynikają m.in. z wymagań wytwórcy urządzeń, technologii i organizacji prac konserwacyjnych. Przyjęto zasadę, że prace konserwacyjne są w całości wykonywane i czas ich jest stały. Występujące w tym czasie zakłócenia na innych elementach układu nie zmieniają czasu konserwacji danego elementu, a gdyby należało przerwać konserwację - tak to często będzie - wówczas nastąpi skrócenie czasu istnienia układu normalnego.

Dla wieloletniego okresu eksploatacji można napisać:

$$T_w = T_r + T_p + \sum_{i \in U} T_{k,i} + T_a \quad (2.1)$$

gdzie:

- T_w - sumaryczny wieloletni okres obserwacji, w godzinach,
- T_r - czas ruchu w układzie normalnym,
- T_p - czas postoju w układzie normalnym (tj. czas, w którym są wszystkie elementy w stanie zdadności, lecz praca układu nie jest potrzebna),
- $T_{k,i}$ - czas planowej i-tej konserwacji (i-ty układ konserwacyjny),
- T_a - czas, w którym układ nie wypełnia zadania w wyniku zakłóceń (czas awarii); o ten czas ulega skróceniu planowany czas stanu normalnego.

Przechodząc do skali względnej $\bar{T}_w = 1$ można określić udziały poszczególnych czasów. Takie postępowanie ułatwia przejście na dowolny okres T_w , w którym uśrednia się poszczególne składowe czasy. Najczęściej takie przejście dokonuje się na uśredniony rok ($T_w = 8760$ godzin).

W niektórych stanach konserwacji może się zdarzyć, że rozdzielnia nie będzie wypełniać jednego z postawionych zadań. Dotyczy to zwłaszcza mniej rozbudowanych układów. Wpłyne to w sposób zasadniczy na ocenę niezawodnościową.

Niezawodność stacji określa się stopniem spełnienia postawionych jej zadań w planowanych stanach pracy. Jako miary niezawodności zaproponowano D i Q :

D - oczekiwana liczba przerw danego zadania w roku,

Q - wskaźnik niezdatności, jako względny średnioroczny czas niewykonania danego zadania.

Otrzymany zestaw miar (D_1 , Q_1) dla wszystkich zadań stacji stanowi jej ocenę niezawodnościową.

3. CHARAKTERYSTYKI NIEZAWODNOŚCIOWE NIEKTÓRYCH ELEMENTÓW STACJI

Stację elektroenergetyczną rozpatruje się jako układ wieloelementowy, w skład którego wchodzi:

a) oszynowanie, czyli:

- szynoprzewody (wraz z połączeniami i aparaturą),
- odcinki szynoprzewodów w rozdzielniach o rozłączaniach nieszynowych,
- wskaźniki napięcia,
- izolacja,

b) odłączniki,

c) wyłączniki,

d) przekładniki prądowe i napięciowe,

e) połączenia obejściowe (mogą odgrywać istotną rolę przy minimalizacji czasu trwania wszelkich zakłóceń i przy prowadzeniu niektórych prac remontowych),

f) odgromniki,

g) linie,

h) transformatory.

Każdy z tych elementów może znajdować się w stanie:

- zdadności,
- niezdadności (w wyniku zakłócenia przez czas potrzebny na wykonanie naprawy lub wymiany),
- konserwacji.

Dla wszystkich tych elementów opracowano zestaw wskaźników d' , t , f , v (gdzie d' - intensywność zakłóceń, t - średni czas usuwania zakłócenia, f - średni czas przełączeń, v - średni czas konserwacji) [1], stanowiących dane wyjściowe do obliczeń niezawodnościowych ^{x)}.

Ponieważ w działaniu stacji istotną rolę spełniają łączniki, zostały więc one ujęte w modelu niezawodnościowym. Poniżej przedstawiono tylko odłącznik oraz wyłącznik.

Z punktu widzenia umiejscowienia w układzie stacji wyróżniono:

- odłącznik jako element wyposażenia pola wyłącznikowego. Wówczas w modelu niezawodnościowym stacji odłącznik nie stanowi odrębnego elementu, awaryjność jego dolicza się do sąsiednich elementów (np.: linii, szyn),

x) Tutaj nie zamieszczono tych danych.

- odłącznik w polu bez wyłącznika, lecz współpracujący automatycznie z sąsiednimi wyłącznikami. W modelu niezawodnościowym traktuje się go jako odrębny element; mianowicie "gorszy" wyłącznik,
- odłącznik w polu bez wyłącznika. W modelu niezawodnościowym stanowi odrębny element, ponieważ bywa wykorzystywany przez obsługę do poawaryjnych zmian układu połączeń (oczywiście w okresach beznapięciowych).

Wyłączniki - działając samoczynnie podczas zakłóceń - określają funkcjonalnie współpracujące elementy stacji, które są wówczas równocześnie wyłączane. O wyłączeniach tych elementów decyduje zasięg działania podstawowych zabezpieczeń, który wyznacza lokalizacja współpracujących z tymi zabezpieczeniami przekładników prądowych. W większości przypadków przekładniki te są zlokalizowane w bezpośredniej bliskości wyłączników i z tego względu tradycyjne rozgraniczenie elementów wyłącznikami na zestawy funkcjonalnie współpracujące nie wprowadza istotnych niedokładności. Zakłócenia w polach wyłączników sprzęgłowych i sekcyjnych w stanie zamkniętym wyłącznika powodują w znacznej liczbie przypadków wyłączenia równoczesne obu tych sekcji lub systemów szyn zbiorczych. W modelu niezawodnościowym uwzględniono brakujące, acz potrzebne działania wyłączników oraz wyłączenia wynikające z zawodności zabezpieczeń; szczególnie nieselektywne.

W modelu niezawodnościowym wprowadzono następujący podział układu stacji:

- oszynowanie (szyny bądź ich fragmenty z urządzeniami, aparaturą i izolacją). Oszynowanie stanowi ważny punkt (węzeł) umożliwiający przyłączenie zasilaczy,
- układy wyłączające i sprzęgła,
- linie jednotorowe i tory linii wielotorowych,
- transformatory.

4. MODEL MATEMATYCZNY OBLICZEŃ WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCIOWYCH

Układ stacji jest złożony z N elementów, w którym szyny zbiorcze lub fragmenty oszynowania nazwiemy umownie węzłami. Każdy taki węzeł będzie zasilany, jeżeli istnieje połączenie tego węzła z węzłami zasilającymi zwykle z linii. Wskutek różnych zakłóceń połączenia te mogą zostać przerwane. Żeby to stwierdzić opracowano metodę, która wyszukuje drogi

zasilania węzła a następnie stosując przecięcia z uwzględnieniem rodzaju elementu, wyznacza zbiory: pojedynczych elementów, par i trójek elementów, które przerywają te połączenia.

Rozważmy zasilanie dowolnego węzła "i". Oznaczmy przez A zbiór elementów "j" ($j \in A$), których pojedyncze wyłączenie powoduje przerwę w zasilaniu i-tego węzła. Podobnie przez B oznaczmy zbiór par elementów k,l ($k, l \in B$), których jednoczesne wyłączenie powoduje przerwę w zasilaniu i-tego węzła, przy czym elementy k lub l nie należą do zbioru A. Wreszcie przez C oznaczmy zbiór trójek elementów m,n,o, których jednoczesne wyłączenie powoduje wyłączenie tegoż i-tego węzła, przy czym m,n,o nie należą do zbioru A oraz dowolna kombinacja par spośród m,n,o nie należy do zbioru B. Przyjęto, że prawdopodobieństwo jednoczesnego wyłączenia 4 elementów praktycznie nie wpływa na wyniki. Oczekiwana częstość zakłóceń - D_i oraz prawdopodobieństwo - Q_i całkowitego wyłączenia i-tego węzła oblicza się wg zależności (4.1) i (4.2):

$$D_i = D_{w_i} + \sum_{j \in A} D_j + \sum_{k, l \in B} D_{k, l} + \sum_{m, n, o \in C} D_{m, n, o} \quad (4.1)$$

$$Q_i = Q_{w_i} + \sum_{j \in A} Q_j + \sum_{k, l \in B} Q_{k, l} + \sum_{m, n, o \in C} Q_{m, n, o} \quad (4.2)$$

gdzie:

D_{w_i}, Q_{w_i} - odpowiednio częstość i prawdopodobieństwo wyłączenia i-tego węzła w wyniku zakłóceń własnych z uwzględnieniem współzależności zakłóceń,

D_j, Q_j - odpowiednio częstość i prawdopodobieństwo wyłączenia elementu "j" z uwzględnieniem współzależności, które prowadzi do wyłączenia i-tego węzła,

$D_{k, l}, Q_{k, l}$ - j.w. lecz dla par elementów k,l,

$D_{m, n, o}, Q_{m, n, o}$ - j.w. lecz dla trójek elementów m,n,o,

A, B, C - zbiory elementów, których wyłączenie prowadzi do przerwy i-tego węzła - odpowiednio pojedynczych elementów, par i trójek.

Częstość i prawdopodobieństwo zakłóceń własnych:

$$D_{w1} = \frac{d'_{11} t_1}{100} + \sum_{g \in G} w_{g1} D_g + \sum_{r \in R} w_{r1} D_r + \sum_{h \in H} w_{h1} D_h, \quad (4.3)$$

$$Q_{w1} = \frac{d'_{11} t_1}{100T} + \frac{f_1}{T} \left(\sum_{g \in G} w_{g1} D_g + \sum_{r \in R} w_{r1} D_r + \sum_{h \in H} w_{h1} D_h \right) \quad (4.4)$$

gdzie:

- d'_{11}, i_1, t_1 - odpowiednio intensywność zakłóceń (zakł./100 jedn. rok), liczba jednostek tworzących element, średni czas zakłócenia,
- w_{g1} - współczynnik brakujących działań układu wyłączającego między węzłem "1" oraz przyłączonym do niego elementem "g",
- w_{r1} - współczynnik współzależności konstrukcyjnej między systemem "1" oraz systemem "r",
- w_{h1} - współczynnik nieselektywnego działania zabezpieczeń,
- f_1 - średni czas przerwy węzła "1" po jego wyłączeniu na skutek współzależności,
- T - okres roczny ($T = 8760$ h),
- G, H, R - zbiory elementów współpracujących bezpośrednio i tworzących konstrukcyjną całość,
- D_g, D_h, D_r - częstości zakłóceń elementów w poszczególnych zbiorach.

Dla elementów zbioru A będzie:

$$D_j = D_{wj} + \sum_{g \in G} w_{gj} D_g + \sum_{r \in R} w_{rj} D_r + \sum_{h \in H} w_{hj} D_h, \quad (4.5)$$

$$Q_j = Q_{wj} + \left(\sum_{g \in G} w_{gj} D_g + \sum_{r \in R} w_{rj} D_r + \sum_{h \in H} w_{hj} D_h \right) \frac{f_j}{T}. \quad (4.6)$$

Dla elementów zbioru B będzie:

$$D_{k,1} = z_2 D_k D_1 (t_k + t_1) \frac{1}{T} + \sum_w (D_k + D_1) w_{w,kl}, \quad (4.7)$$

$$Q_{k,1} = z_2 Q_k Q_1 + \frac{1}{T} \sum_w (D_k f_1 + D_1 f_k) w_{w,kl} \quad (4.8)$$

z_2 - współczynnik uwzględniający wpływ złej pogody na wyłączenie równoczesne dwóch elementów,

t_k, t_l - średni czas awaryjnego wyłączenia odpowiednio elementu "k" i "l",

$w_{w,kl}$ - współczynnik współzależności w-tego rodzaju między elementami "k" i "l",

$$D_{m,n,o} = z_3 D_m D_n D_o (t_m t_n + t_m t_o + t_n t_o) \frac{1}{I} + \sum_w w_{w,mno} (D_m + D_n + D_o) \quad (4.9)$$

$$Q_{m,n,o} = z_3 Q_m Q_n Q_o + \sum_w w_{w,mno} D_m (f_n + f_o) + D_n (f_m + f_o) + D_o (f_m + f_n) \frac{1}{I} \quad (4.10)$$

$w_{w,mno}$ - współczynnik współzależności w-tego rodzaju między trzema elementami m, n, o.

5. METODA OBLICZEŃ WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCI STACJI

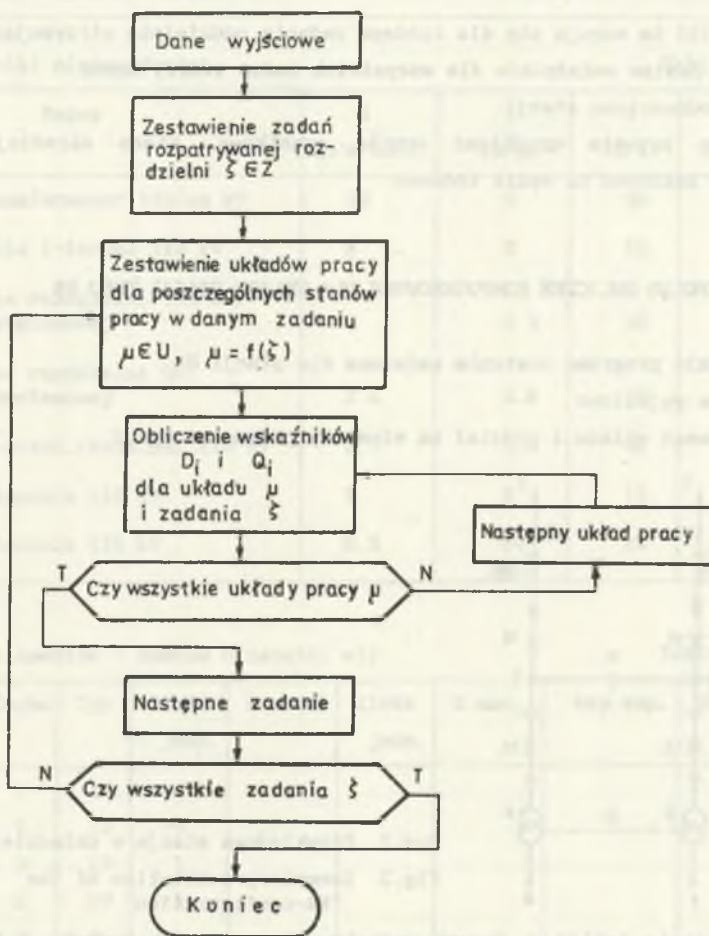
Schemat metody przedstawiono na rys. 1. Obliczenia przeprowadza się za pomocą komputera wyposażonego w program o nazwie NIER, wykonany przez Autorów (opis programu znajdzie Czytelnik w pracy [1]). Do bazy danych programu wprowadza się: szereg danych o elementach tworzących rozpatrywany układ, topologię układu, współczynniki nieselektywnych działań zabezpieczeń itp. Program umożliwi dokonywanie wielu zmian i poprawek w danych, dając możliwość szybkich obliczeń różnych wariantów układowych. Czas obliczeń dla pojedynczego wariantu nie przekracza kilkunastu sekund.

Szczegółowe postępowanie dla każdego układu stacji jest następujące:

1) Dane wyjściowe tworzą:

- podział układu stacji na elementy,
- tablica elementów (DANE ELEMENTÓW) układu podaje, z jakich rodzajów elementów zbudowany jest układ, jaka liczba jednostek tworzy dany element, jaka jest wartość współczynnika współzależności między elementami,
- tablica współczynników nieselektywnych wyłączeń dwóch elementów,
- tablica wskaźników niezawodnościowych elementów opracowana na podstawie zestawów urządzeń tworzących dany element lub jego jednostkę.

2) Zestawienie zadań - omówiono je już wcześniej. Ogólnie będzie to ograniczenie transformacji (z dalszym podziałem) i tranzyt (z podaniem relacji).



Rys.1. Schemat blokowy analizy niezawodnościowej rozdzielni elektroenergetycznej

Fig.1. Block diagram of substation reliability analysis (program flow chart).

3) Zestawienie układów pracy będzie zależało od rozwiązania konstrukcyjnego stacji, przyjętego sposobu eksploatacji wykonywania prac planowych.

Połączenia elementów w poszczególnych stanach podaje się w tablicach topologicznych (TOPOLOGIA UKŁADU). Zazwyczaj jest kilka takich tablic (lub też istnieje możliwość dokonywania zmian w jednej podstawowej tablicy).

4) Obliczenia wskaźników 1-tego węzła $D_1(\mu, \zeta)$, $Q_1(\mu, \zeta)$ dla układu "μ" i zadania "ζ" wykonuje się wg zasad podanych wcześniej w rozdz. 4.

Szczegółowe postępowanie przedstawiono w rozdz. 6 dla stacji w układzie H4.

5) Wskaźniki te sumuje się dla każdego zadania oddzielnie otrzymując $D_i(\zeta)$, $Q_i(\zeta)$. Zestaw wskaźników dla wszystkich zadań tworzy ocenę niezawodnościową stacji.

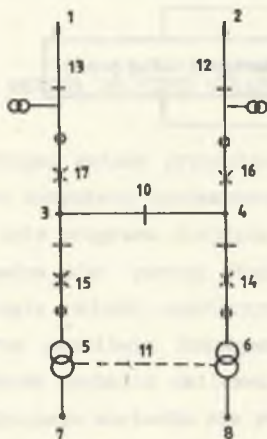
Program pozwala uzyskiwać wyniki cząstkowe, które określają wpływ wybranych zakłóceń na wynik końcowy.

6. PRZYKŁAD OBLICZEŃ KOMPUTEROWYCH DLA UKŁADU STACJI TYPU H4

Działanie programu zostanie omówione dla stacji H4.

1) Dane wyjściowe

Schemat układu i podział na elementy podano na rys.2.



Rys.2. Przykładowa stacja w układzie H4

Fig.2. Exemplary substation of the "H4-configuration"

Zestawienia tablic z danymi wyjściowymi w postaci wydruku z komputera przedstawiają się następująco:

Dane ogólne

Tablica 1

| | |
|---|-----------|
| Rozpatrywany czas (w godzinach) | $T=8760$ |
| Współczynnik uwzględniający wpływ złej pogody na jednoczesność wyłączenia dwu elementów zasilających | $z2=8$ |
| Współczynnik uwzględniający wpływ złej pogody na jednoczesność wyłączenia trzech elementów zasilających | $z3=100$ |
| Prawdopodobieństwo nieskutecznej interwencji dyspozytora lub automatyki odciążającej | $pd=0.05$ |
| Średni czas jednego przełączenia w układzie sieciowym (w godzinach) | $tp=0.9$ |

Wskaźniki niezawodności

Tablica 2

| Typ | Nazwa | d [p/a*100] | t [h/p] | v [h/a] | f [h/przel] |
|-----|---|----------------|------------|------------|----------------|
| 4. | transformator 110/sn kV | 30 | 5 | 50 | 0.5 |
| 7. | linia 1-torowa 110 kV | 2 | 3 | 50 | 0.5 |
| 13. | pole rozdzielni 110 kV; 1-systemowej | 3 | 5.4 | 40 | 0.5 |
| 16. | pole rozdzielni SN; 2-systemowej | 2.5 | 5.6 | 30 | 0.5 |
| 19. | fr.oszyn.rozdz.H4; 110 kV | 3.5 | 5.6 | 40 | 0.5 |
| 22. | wyłącznik 110 kV | 1 | 8 | 15 | 0.5 |
| 23. | odłącznik 110 kV | 0.5 | 10 | 25 | 0.5 |

Dane elementów - zestaw o nazwie: elr

Tablica 3

| Nr el. | Cecha | Typ | Ilość jedm. | Sąsiad | Ilość jedm. | % sas. | Wsp.wsp. | Wsp.zab. |
|--------|-------|-----|----------------|--------|----------------|--------|----------|----------|
| 1 | 1 | 13 | 6 | | | | | .01 |
| 2 | 1 | 13 | 6 | | | | | .01 |
| 3 | 3 | 19 | 1 | | | | | .01 |
| 4 | 3 | 19 | 1 | | | | | .01 |
| 5 | 9 | 4 | 1 | | | | | .01 |
| 6 | 9 | 4 | 1 | | | | | .01 |
| 7 | 4 | 16 | 4 | 8 | 4 | 100 | .08 | .03 |
| 8 | 4 | 16 | 4 | 7 | 4 | 100 | .08 | .03 |
| 9 | 0 | 11 | 1 | | | | | .01 |
| 10 | 6 | 23 | 1 | | | | | 1 |
| 11 | 3 | 13 | 0 | | | | | 0 |
| 12 | 7 | 7 | 20 | | | | | .01 |
| 13 | 7 | 7 | 20 | | | | | .01 |
| 14 | 0 | 22 | 1 | | | | | .01 |
| 15 | 0 | 22 | 1 | | | | | .01 |
| 16 | 0 | 22 | 1 | | | | | .01 |
| 17 | 0 | 22 | 1 | | | | | .01 |

Współczynniki nieselektywnych wyłączeń 2 elementów:

Tablica 4

| Numery | Elem. | Wsp. |
|--------|-------|------|
| 3 | 4 | .01 |
| 3 | 5 | .01 |
| 3 | 6 | .01 |
| 3 | 12 | .01 |
| 3 | 13 | .01 |
| 4 | 5 | .01 |
| 4 | 6 | .01 |
| 4 | 12 | .01 |
| 4 | 13 | .01 |
| 5 | 6 | .01 |
| 5 | 12 | .01 |
| 5 | 13 | .01 |
| 6 | 12 | .01 |
| 6 | 13 | .01 |
| 12 | 13 | .01 |

2) Przewidziano następujące zadania rozpatrywanej stacji:

- ζ_1 - ograniczenie transformacji (dot. jednego transformatora),
- ζ_2 - przerwanie transformacji (dot. obu transformatorów),
- ζ_3 - przerwanie tranzytu.

Dalsze wyjaśnienia przeprowadzono dla zadania " ζ_1 ", tj. ograniczenia transformacji, przyjmując do obliczeń "węzły układu" nr 7, wg rys.2.

3) W przypadku różnych długości linii 12 i 13 należałoby wyróżnić 7 stanów: stan normalny i 6 stanów konserwacyjnych. Ze względu na symetrię układu rozpatrzono tutaj tylko 4 stany:

- normalny, czas $T_{r,p} = 8480$ h
- konserwacji linii i pół liniowych, czas $T_{k1} = 100$ h
- konserwacji transformatorów i pół transformatorów, czas $T_{k2} = 100$ h,
- konserwacji oszynowań wraz z urządzeniami, czas $T_{k3} = 80$ h.

Szczegółowe obliczenia przedstawiono tu dla stanu normalnego. Odpowiada mu układ połączeń elementów przedstawiony na rys.2, lecz bez elementu 11.

Połączenia elementów podano w tablicy 5.

Topologia układu - zestaw o nazwie: tr Tablica 5

| Element nr : łączy się z elementami nr | | | | |
|--|---|----|----|----|
| 1 | : | 13 | | |
| 2 | : | 12 | | |
| 3 | : | 17 | 15 | 10 |
| 4 | : | 16 | 10 | 14 |
| 5 | : | 15 | 7 | |
| 6 | : | 14 | 8 | |
| 7 | : | 5 | | |
| 8 | : | 6 | | |
| 9 | : | | | |
| 10 | : | 3 | 4 | |
| 11 | : | | | |
| 12 | : | 2 | 16 | |
| 13 | : | 1 | 17 | |
| 14 | : | 6 | 4 | |
| 15 | : | 5 | 3 | |
| 16 | : | 4 | 12 | |
| 17 | : | 13 | 3 | |

4) Obliczenia

- program analizując graf układu wyszukuje drogi zasilania rozpatrywanego "węzła" nr 7, są to:

nr drogi nry elementów dróg zasilania

1 - 1, 13, 17, 3, 10, 4, 15, 5

2 - 2, 12, 16, 4, 10, 3, 15, 5

- znając drogi zasilania program wyszukuje:

-- pojedyncze elementy, których wyłączenie powoduje przerwę zasilania;

zbiór A:

3, 4, 5, 10, 15,

-- pary elementów, których wyłączenie powoduje przerwę zasilania;

zbiór B:

(1.2), (1;12), (1;16), (2;13), (2;17), (12;13), (12;17), (13; 16), (16;17),

-- trójki elementów, których wyłączenie powoduje przerwy zasilania;

tutaj brak,

- oblicza wskaźniki D, Q wg wzorów (4.1) i (4.2). Tutaj podano przykładowe zależności dla "węzła" nr 7:

-- własne; (dane do obliczeń przyjęto z tablic 1, 2, 3, 4):

$$D_{w7} = \frac{d'_{16} i_7}{100} + \left(\frac{w_{k7} d'_{16} i_8 u_7}{100} + w_{z7} \sum d_{od} \right) = d_7 + d_{wsp},$$

$$Q_{w7} = \frac{d_7 t_{16}}{T} + \frac{d_{wsp} f_{16}}{T}$$

gdzie:

d'_{16} , t_{16} , f_{16} - odpowiednio: częstość zakłóceń, czas naprawy (usunęcia zakłócenia), czas przełączeń dla elementu nr 7 (wg tabl.3) typu 16 (wg tabl.2),

i_7 , i_8 - liczby jednostek wg tabl.3,

u_7 , w_{k7} , w_{z7} - odpowiednio: udział %, współczynniki współzależności konstrukcyjnej i brakujących działań układów wyłączających,

-- pojedynczych elementów (wyznacza się na podstawie ich własnych wskaźników, z uwzględnieniem możliwych przełączeń poawaryjnych):

$$\sum_{j \in A} D_j = D_3 + D_4 + D_5 + D_{10} + D_{15},$$

$$\sum_{j \in A} Q_j = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_{10} + Q_{15} = \frac{1}{T} (D_3 t_{19} + D_4 f_{19} + D_5 t_{24} + D_{10} f_{23} + D_{15} t_{15}),$$

-- pary elementów:

$$\sum_{k, l \in B} D_{k, l} = D_{1,2} + D_{1,12} + \dots + D_{16,17},$$

$$\sum_{k, l \in B} Q_{k, l} = Q_{1,2} + Q_{1,12} + \dots + Q_{16,17}$$

gdzie:

D_3 , D_4 , ... - liczba przerw własnych elementów odpowiednio nr 3, 4, ...,

Q_3, Q_4, \dots - wskaźnik niezdatności własnej elementów
odpowiednio nr 3, 4, ...,

$D_{1,2}, D_{1,12}, \dots$ - liczba przerw par elementów,

$Q_{1,2}, Q_{1,12}, \dots$ - wskaźnik niezdatności par elementów

$$\text{np.: } D_{1,2} = (D_1 Q_2 + D_2 Q_1) z_2 + \sum_w w_{w, (1;2)} (D_1 + D_2)$$

$$Q_{1,2} = Q_1 Q_2 z_2 + \sum_w k_{w, (1;2)} (D_1 f_2 + D_2 f_1) \frac{1}{T} ,$$

$w_{w, (1;2)}$ - współczynnik współzależności zakłóceń elementów

1 i 2,

z_2 - współczynnik pogodowy wg tabl.1.

Wyniki przykładowych obliczeń w postaci wydruku z komputera przedstawiono poniżej:

Wyniki końcowe dla układu H4-N (średnioroczny czas stanu: 8480 [h])

| nr | d | q |
|----|-------------|-------------|
| 3 | 0.119359806 | 2.86552E-05 |
| 4 | 0.119359806 | 2.86552E-05 |
| 7 | 0.515286746 | 2.46298E-04 |
| 8 | 0.515286746 | 2.46298E-04 |

7. PODSUMOWANIE

1. Przedstawiona metoda wraz z programem komputerowym umożliwia w krótkim czasie przeprowadzenie analizy niezawodnościowej schematów głównych stacji. Obliczenia te przeprowadza się dla wybranych stanów pracy i określonych zadań stacji.
2. Przygotowanie danych układu do obliczeń zajmuje przeciętnie ok.2 godzin: czas obliczeń wynosi kilka - kilkanaście sekund.

3. Program jest wykorzystywany w praktyce przez EP Kraków i po otrzymaniu uwag od użytkowników Autorzy zamierzają go udoskonalić.
4. Przeprowadzona weryfikacja statystyczna przedstawionej metody analitycznej dla najliczniejszych zbiorów stacji:

- szynowych dwusystemowych,
- uproszczonych typu "H"

wykazała zawyżenie wartości uzyskanych z metody w stosunku do wartości uzyskanych z badań statystycznych dla analizowanych stacji:

- szynowych dwusystemowych o ok. 15%
- uproszczonych typu "H" o ok. 20%.

Można więc uznać, że przedstawiona w artykule metoda analityczna może być stosowana zarówno do oceny niezawodności stacji bardzo licznych, jak też i do rozwiązań stacji rzadko stosowanych (w tym dla nowych rozwiązań). Jedynym warunkiem koniecznym jest wykorzystanie tego samego zestawu danych statystycznych (pochodzących z wieloletnich badań), dotyczących awaryjności poszczególnych elementów.

8. LITERATURA

- [1] GOC W., BARGIEL J., TEICHMAN B.: Opracowanie programu do oceny niezawodności schematów głównych rozdzielni NN. IEISU Pol. Śl., Gliwice, grudzień 1990.
- [2] KULA M.: Założenia do nowelizacji i adaptacji programu oceny niezawodności schematów rozdzielni NN i WN. Energoprojekt Kraków, maj 1990.
- [3] GOC W., KAMIŃSKI A.: Niezawodność dwustronnego zasilania węzłów odbiorczych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Elektryka z.37, Gliwice 1973.
- [4] GOC W., ORNATKIEWICZ M.: Metoda oceny niezawodności rozdzielni el.-en. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. "Elektryka", z.8, Gliwice 1979.
- [5] GOC W., BARGIEL J., TEICHMAN B.: Metodyka oceny wariantów rozwoju sieci 110 kV PdOEn z punktu widzenia niezawodności zasilania. IEISU Pol. Śl., Gliwice 1987.

- [6] GOC W., BARGIEL J., TEICHMAN B.: Opracowanie znowelizowanego programu ilościowej oceny niezawodności sieci przesyłowych. IEISU Pol. Śl., Gliwice, lipiec 1990.
- [7] PULTORAK J.: Metoda wyboru układów stacji elektroenergetycznych z uwzględnieniem ich elastyczności i niezawodności. Opracowanie studialne. Elektroprojekt, Warszawa 1976.
- [8] KNOTHE S.: Sieci elektroenergetyczne przemysłowe. WNT, Warszawa 1980.
- [9] GUMIŃSKI J.: Obliczanie parametrów zawodności szyn zbiorczych rozdzielni. "Energetyka" 1978, z.3.
- [10] NARTOWSKI Z.: Stacje elektroenergetyczne 110-750 kV. WNT, Warszawa 1984.
- [11] SOZAŃSKI J.: Niezawodność i jakość pracy systemu elektroenergetycznego. WNT, Warszawa 1990.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Jerzy Kulczycki

Wpłynęło do Redakcji 1 czerwca 1991 r.

RELIABILITY EVALUATION OF THE MAIN SCHEME OF A POWER SUBSTATION

Abstract

In this paper a new approach for the evaluation of power substation reliability is presented. The cooperation and interaction of the substation with the power system determine its tasks, usually:

- feeding of power into the system and its distribution,
- transformation to secondary networks,
- transmission of power through this substation to other parts of the system.

Generally substations have different tasks. During its service-life the substation may get different connections of its elements according to changed tasks. Stand-by and some maintenance-states can be mentioned. An evaluation of the reliability of the power substation is described by the degree of performance of the considered tasks. The following reliability indices are generally used:

- expected number of interruptions of performance of the task, D,
- relative average annual outage, Q,

