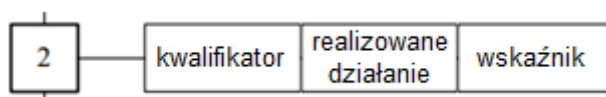


## Język SFC

Język SFC (Sequential Function Chart) opisuje w sposób graficzny procesy wykonywane sekwencyjnie. Jest rozwinięciem metody GRAFCET opisanej we francuskiej normie NF-C-3-190 w roku 1978. W 1988 roku organizacja IEC (International Electrotechnical Commission - Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna) adaptowała metodę GRAFCET jako międzynarodowy standard języka do programowania procesów sekwencyjnych i oznaczyła go symbolem IEC 848. Norma ta została następnie zawarta w normie IEC 61131-3 właśnie jako język SFC. Dziś standard i język SFC są akceptowane przez przemysł i wykorzystywane przez wiele aplikacji do projektowania i programowania sterowników logicznych.

Podstawową różnicą między metodą GRAFCET a językiem SFC jest konstrukcja bloku akcji (działania), występującego przy każdym kroku diagramu. W bloku akcji języka SFC, oprócz pola z opisem działania wykonywanego przez układ w danym kroku, umieszcza się tzw. kwalifikator akcji oraz wskaźnik. Wygląda to następująco:



**Kwalifikator** określa warunki wykonania opisanej obok akcji (działania), np. kiedy akcja ma wystartować, jak długo ma trwać itp. Kwalifikator ma formę jednej lub dwóch liter.

**Wskaźnikiem** może natomiast być:

- zmienna logiczna zwrotna, której wartość, np. stan "0" lub "1" informuje o wykonaniu danej akcji,
- numer kroku, w którym akcja zapamiętana w danym kroku przez użycie kwalifikatora S zostanie zresetowana z użyciem kwalifikatora R.

Na naszych zajęciach, przy tworzeniu diagramów z użyciem języka SFC, nie będziemy stosować wskaźników (nie są one obowiązkowe). Zatem konstrukcja bloku akcji (działania) w naszym przypadku będzie wyglądała tak:



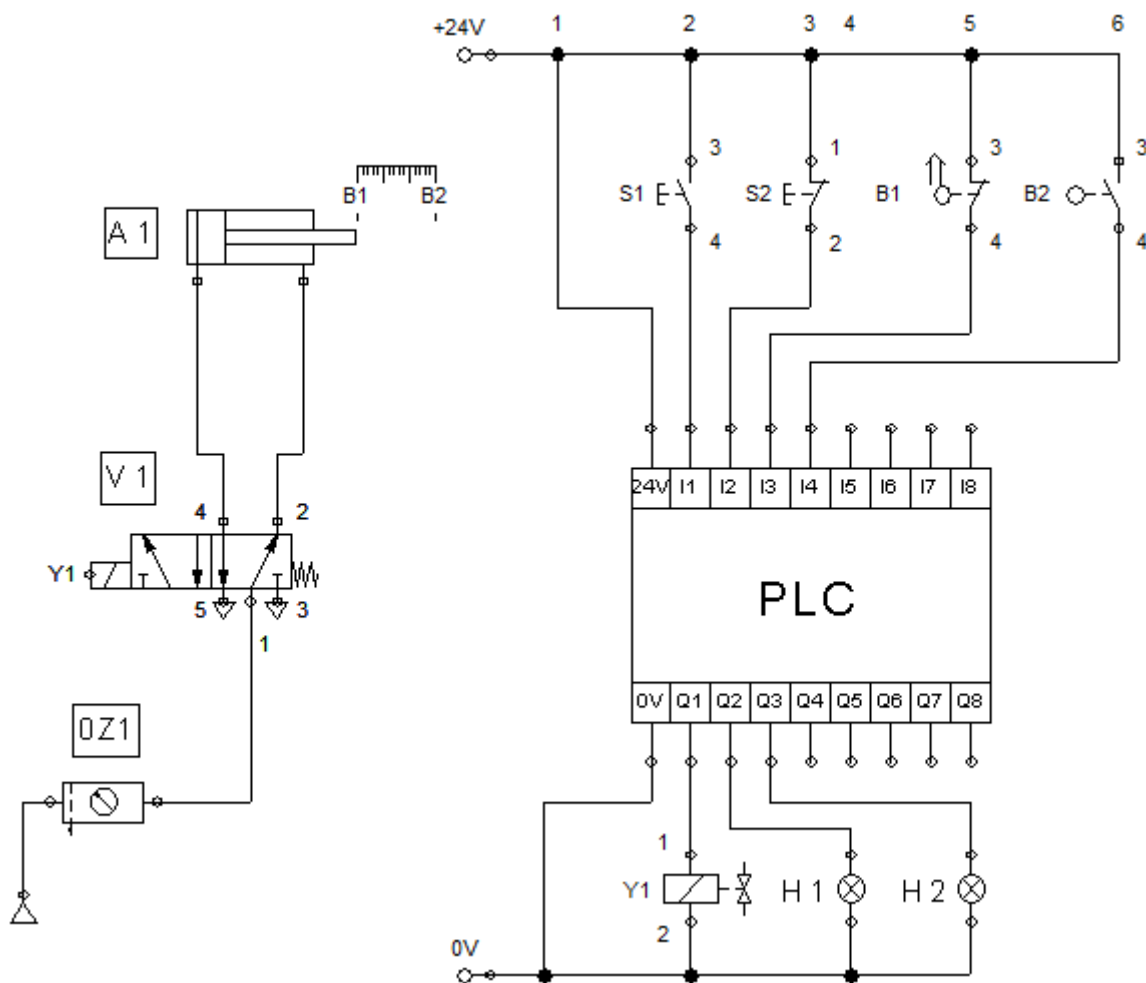
W tabeli na następnej stronie zestawiono kwalifikatory stosowane w diagramach SFC, ich znaczenie oraz krótki opis rozwijający znaczenie danego kwalifikatora. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że stosowanie kwalifikatorów w diagramach SFC nie jest obowiązkowe. **Brak kwalifikatora w bloku akcji jest bowiem interpretowany tak samo, jak kwalifikator N. Diagram SFC w całości pozbawiony kwalifikatorów będzie więc wyglądał identycznie jak diagram GRAFCET.** Można zatem stwierdzić, że diagram GRAFCET jest szczególnym przypadkiem diagramu SFC.

Kwalifikator	Znaczenie	Opis
brak	akcja niezapamiętywana, chwilowa	Akcja jest aktywna tak długo, jak aktywny jest krok. Po przejściu układu do kolejnego kroku akcja nie jest już aktywna (nie jest realizowana).
N	akcja niezapamiętywana, chwilowa (ang. <i>Non-stored</i> )	Akcja jest aktywna tak długo, jak aktywny jest krok. Po przejściu układu do kolejnego kroku akcja nie jest już aktywna (nie jest realizowana).
S	akcja zapamiętywana (ang. <i>set-Stored</i> )	Akcja staje się aktywna, gdy krok jest aktywny i trwa do momentu dezaktywacji. Akcja będzie wykonywana nawet jeśli dany krok przestanie już być aktywny, czyli nawet po przejściu układu do kolejnego kroku. Akcja z kwalifikatorem S powinna być kasowana w innym kroku przez użycie kwalifikatora R dla tej akcji.
R	kasowanie/reset akcji (ang. <i>overriding Reset</i> )	Akcja aktywowana kwalifikatorem S w innym kroku jest natychmiast dezaktywowana (reset), gdy układ znajdzie się w kroku, w którym ta sama akcja występuje z kwalifikatorem R.
L	akcja ograniczona czasowo (ang. <i>time Limited</i> )	Akcja jest aktywna przez określony czas od momentu aktywacji kroku (maksymalnie przez czas aktywności tego kroku). Po przejściu układu do kolejnego kroku akcja nie jest już aktywna (nie jest realizowana), nawet jeśli czas przeznaczony na daną akcję jeszcze nie upłynął.
D	akcja opóźniona czasowo (ang. <i>time Delayed</i> )	Akcja staje się aktywna po określonym czasie od momentu aktywacji kroku, jeśli krok jest nadal aktywny i pozostaje aktywna tak długo jak krok jest aktywny. Jeśli przed upływem tego czasu krok przestanie być aktywny (układ przejdzie do kolejnego kroku), to akcja nie będzie w ogóle wykonana.
P	impuls (ang. <i>Pulse</i> )	Akcja wykonywana jest tylko jeden raz (przez jeden cykl sterownika, czyli przez bardzo krótki czas) w momencie, gdy krok staje się aktywny. Akcja wykonywana jest tylko jeden raz nawet wtedy, gdy układ pozostaje w danym kroku na dłużej.
SD	akcja zapamiętywana i opóźniona czasowo (ang. <i>Stored and time Delayed</i> )	Akcja staje się aktywna po określonym czasie od momentu aktywacji kroku (nawet jeśli przed upływem tego czasu krok przestał być aktywny) i trwa do momentu dezaktywacji (reset).
DS	akcja opóźniona i zapamiętywana (ang. <i>Delayed and Stored</i> )	Akcja staje się aktywna po określonym czasie od momentu aktywacji kroku jeżeli tylko krok ten nadal jest aktywny i trwa do momentu dezaktywacji (reset).
SL	akcja zapamiętywana i ograniczona czasowo (ang. <i>Stored and time Limited</i> )	Akcja jest aktywna przez określony czas od momentu aktywacji kroku, bez względu na to, jak długo skojarzony z nią krok pozostaje aktywny. Przejście układu do kolejnego kroku przed upłynięciem danego czasu nie powoduje przerwania akcji.

**Kwalifikatory L, D, SD, DS i SL wymagają podania wartości czasu przy opisie realizowanego działania.**

Na tym teoria się kończy. Teraz przykłady zastosowania języka SFC do opisu działania układu mechatronicznego.

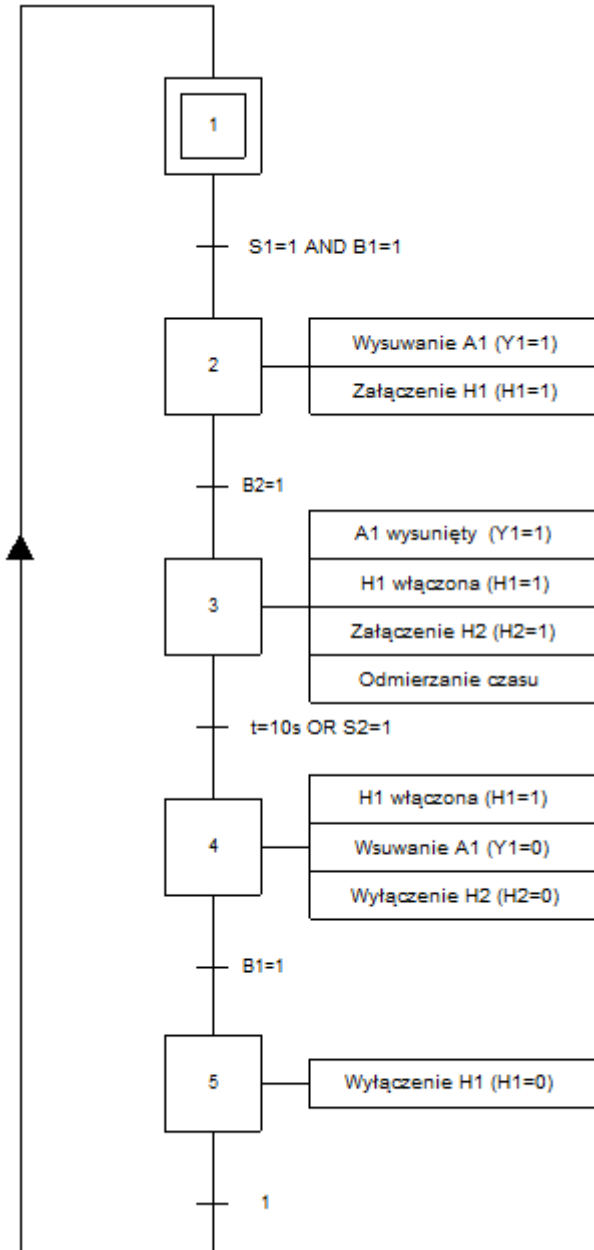
### Przykład 1



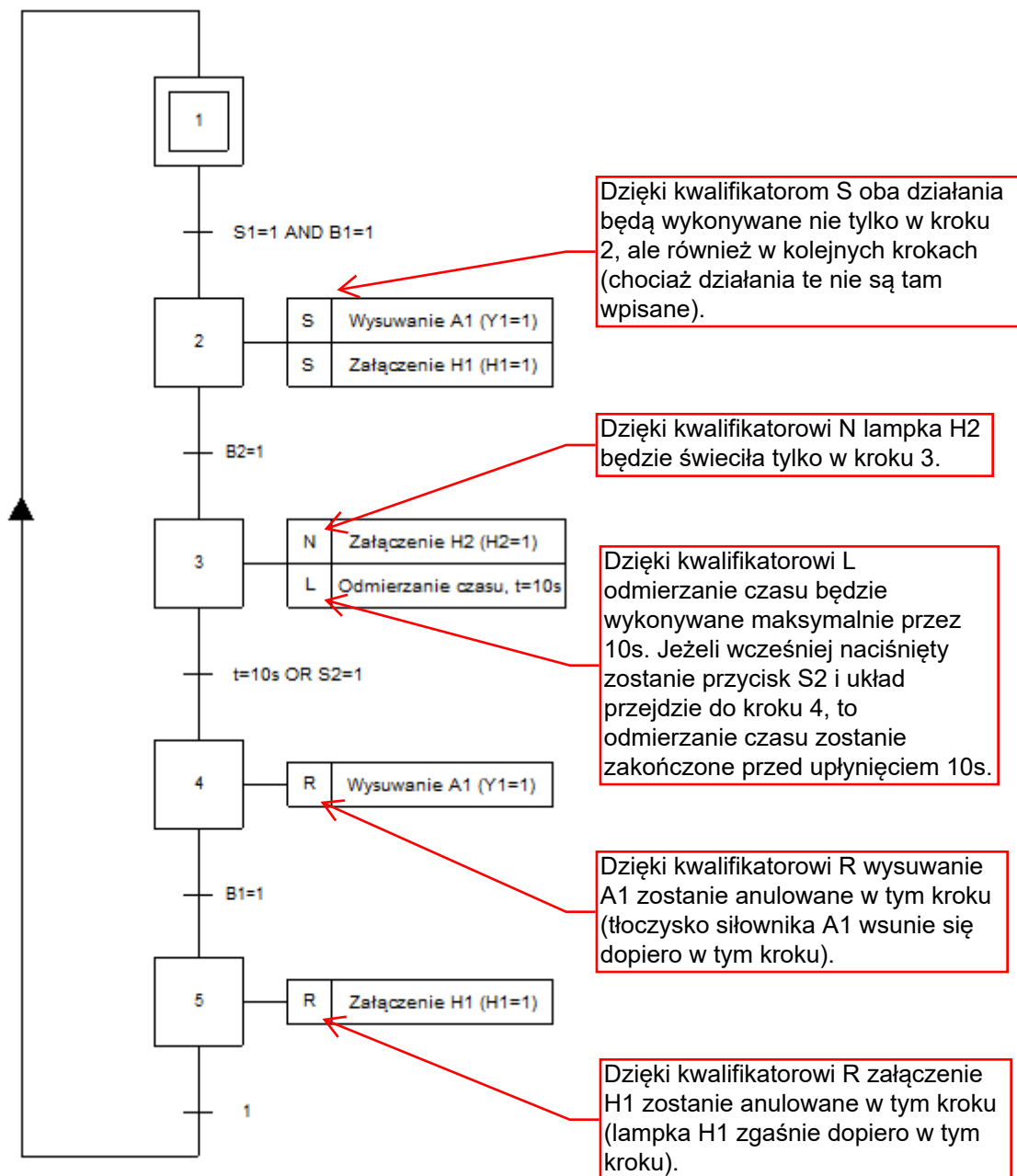
#### Opis słowny pracy układu:

Jeżeli tłoczysko siłownika A1 jest wsunięte (wyłącznik krańcowy B1 jest aktywowany), to po naciśnięciu przycisku S1 cewka Y1 elektrozaworu V1 zostaje zasilona, dzięki czemu tłoczysko siłownika A1 wysuwa się. Praca układu sygnalizowana jest świeceniem lampki H1. Po osiągnięciu pozycji całkowitego wysunięcia, tłoczysko aktywuje wyłącznik krańcowy B2. Aktywacja wyłącznika B2 powoduje z kolei załączenie lampki H2 i rozpoczyna odmierzenie czasu. Po upływie czasu  $t=10s$  lub po naciśnięciu przycisku S2, lampka H2 wyłącza się, a cewka Y1 elektrozaworu V1 przestaje być zasilana, przez co następuje wsunięcie tłoczyska siłownika A1. Po osiągnięciu pozycji całkowitego wsunięcia tłoczysko aktywuje wyłącznik krańcowy B1. W tym momencie kończy się praca układu i lampka H1 gaśnie.

Opis graficzny pracy układu metodą **GRAFSET**:



Opis graficzny pracy układu metodą **SFC**:



Dzięki kwalifikatorom S oba działania będą wykonywane nie tylko w kroku 2, ale również w kolejnych krokach (choć działania te nie są tam wpisane).

Dzięki kwalifikatorowi N lampka H2 będzie świeciła tylko w kroku 3.

Dzięki kwalifikatorowi L odmierzenie czasu będzie wykonywane maksymalnie przez 10s. Jeżeli wcześniej naciśnięty zostanie przycisk S2 i układ przejdzie do kroku 4, to odmierzenie czasu zostanie zakończone przed upływem 10s.

Dzięki kwalifikatorowi R wysuwanie A1 zostanie anulowane w tym kroku (tłoczek siłownika A1 wsunie się dopiero w tym kroku).

Dzięki kwalifikatorowi R załączenie H1 zostanie anulowane w tym kroku (lampka H1 zgaśnie dopiero w tym kroku).

Zgodnie z zasadami GRAFCET i SFC, wszystkie działania realizowane w danym kroku przestają być wykonywane po przejściu do następnego kroku. Zatem jeżeli jakieś działanie rozpoczęte np. w kroku 2 ma być kontynuowane w następnych krokach, to z zasady tej wynika, że w diagramie GRAFCET należy to działanie ponowić w kolejnych krokach. Widać to w powyższym diagramie GRAFCET, w którym np. lampka H1 załączona w kroku 2 pojawia się również w krokach 3 i 4, bo jej świecenie ma być utrzymywane aż do wyłączenia w kroku 5. Podobnie jest z cewką Y1. Gdyby działanie Y1=1 nie pojawiło się w kroku 3, to tłoczysko siłownika zostałoby wsunięte (działanie Y1=1 z kroku 2 nie byłoby już realizowane w kroku 3 i monostabilny zawór V1 wróciłby przez to do pozycji początkowej pod wpływem sprężyny). W języku SFC, dzięki kwalifikatorowi „S” nie musimy powtarzać tych działań w kolejnych krokach, bo kwalifikator „S” oznacza zapamiętanie realizowania danego działania aż do jego odwołania kwalifikatorem „R”. Należy tu zaznaczyć, że **działanie z kwalifikatorem „R” musi brzmieć identycznie jak to samo działanie z kwalifikatorem „S”**. Odwołując np. załączenie H1 (H1=1) musimy przy kwalifikatorze „R” zapisać „załączenie H1 (H1=1)”. Nie można tu wpisać „wyłączenie H1 (H1=0)”, tak jak w diagramie GRAFCET, bo działanie o takim brzmieniu nie wystąpiło wcześniej w diagramie SFC. Kwalifikatorem „R” resetujemy tylko działanie aktywowane wcześniej kwalifikatorem „S”. Poza tym zresetowanie działania „wyłączenie H1 (H1=0)” oznaczałoby w rzeczywistości włączenie H1, bo „R” odwołuje wtedy polecenie wyłączenia H1.

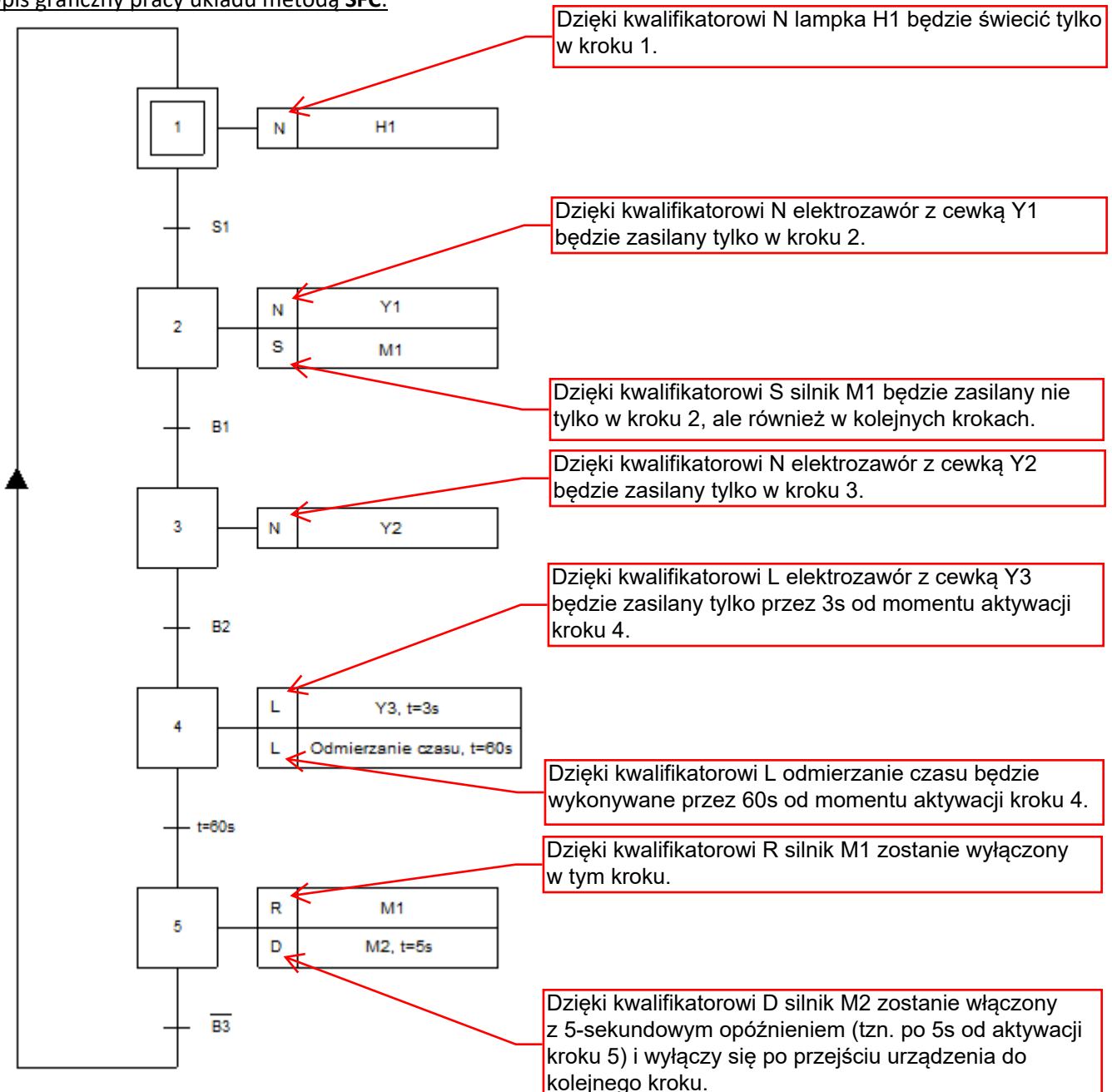
Z porównania diagramów GRAFCET i SFC wynika, że stosowanie kwalifikatorów upraszcza diagram, zwiększa jego czytelność, a w wielu przypadkach pozwala nawet na zmniejszenie liczby kroków diagramu, o czym przekonacie się w przyszłym roku.

## Przykład 2

### Opis słowny pracy układu:

Po włączeniu zasilania mieszalnik przemysłowy znajduje się w stanie gotowości do pracy, co sygnalizowane jest świeceniem lampki H1. Po naciśnięciu przycisku S1 lampka H1 gaśnie i mieszalnik rozpoczyna pracę: wsypywana jest substancja nr 1 (poprzez zadziałanie elektrozaworu z cewką Y1) i uruchamiane jest mieszadło (poprzez zasilanie silnika M1). Jeżeli czujnik B1 zasygnalizuje osiągnięcie przez substancję nr 1 odpowiedniego poziomu w zbiorniku, to wsypywanie substancji nr 1 zostanie przerwane, a rozpocznie się wsypywanie substancji nr 2 (poprzez zadziałanie elektrozaworu z cewką Y2). Jeżeli czujnik B2 zasygnalizuje osiągnięcie przez substancję nr 2 odpowiedniego poziomu w zbiorniku, to wsypywanie substancji nr 2 zostanie przerwane, a rozpocznie się dolewanie wody do zbiornika (poprzez zadziałanie elektrozaworu z cewką Y3) i odmierzanie czasu. Po upływie 3 sekund woda nie będzie już dolewana. Obie substancje wraz z wodą będą mieszane jeszcze przez kolejne 57 sekund. Po tym czasie nastąpi wyłączenie mieszadła, natomiast opróżnienie zbiornika (poprzez zasilanie pompy M2) nastąpi 5s później niż wyłączenie mieszadła. Zbiornik mieszalnika będzie pusty, gdy czujnik B3 nie będzie wykrywał obecności substancji. Wówczas mieszalnik zakończy swoją pracę i wróci do stanu gotowości (lampka H1 ponownie zaświeci się).

### Opis graficzny pracy układu metodą SFC:



W przykładzie 2 zastosowano kolejne uproszczenia, które jeszcze bardziej zwiększają czytelność diagramu:

- w polach akcji umieszczone zostały jedynie symbole sterowanych elementów (H1, Y1, Y2, M1, M2), a o tym, czy dany element jest załączany, czy wyłączany decyduje zastosowany kwalifikator,
- stan elementów przy tranzycjach zapisano sposobem 2 z poprzednich zajęć:

STAN PRZYCISKU	SPOSÓB 1	SPOSÓB 2
naciśnięty	S1=1	S1
nienaciśnięty	S1=0	$\overline{S1}$