

Roman WYGŁĘDACZ,  
Radosław ZIELIŃSKI,  
Włodzimierz NOWAKOWSKI.  
P.P.H.W. PROLOC Sp. z o.o.

**NAPĘDY PRZEKSZTAŁTNIKOWE. ZASTOSOWANIE, TRENDY, MOŻLIWOŚCI.**

## 1. Wstęp.

Dzięki stosowaniu nowych w pełni sterowalnych przyrządów półprzewodnikowych (tranzystory mocy, tyrystory wyłączalne), oraz dynamicznemu rozwojowi energoelektroniki i mikroelektroniki nastąpił przełom w budowie napędów do regulacji prędkości obrotowej silników elektrycznych prądu przemiennego. Dominujące w tym obszarze zastosowań napędy z silnikiem prądu stałego są stopniowo wypierane przez napędy z silnikiem prądu przemiennego o regulowanej prędkości obrotowej, za pomocą zmiany częstotliwości napięcia lub prądu doprowadzonego do silnika. Przewaga techniczna sterowania częstotliwościowego silników prądu przemiennego w stosunku do silników prądu stałego polega na eliminacji komutatora mechanicznego, niższej cenie, większej niezawodności oraz nieograniczonej możliwości zastosowań w przemyśle. Jednocześnie z pracami nad optymalizacją metod modulacji napięcia wyjściowego przemienników zaczęto wyposażać je w interfejsy umożliwiające zdalny odczyt i zadawanie parametrów pracy, co pozwala przy odpowiednich zabezpieczeniach pełną kontrolę nad układem napędowym na dużych odległościach.

W obecnej dobie w przemyśle zaczęto zwracać coraz większą uwagę na oszczędności wynikające z racjonalnego i ekonomicznego wykorzystania energii elektrycznej. Elektrownie, elektrociepłownie, czy zakłady przemysłowe w latach 90-tych dostrzegły wielkie możliwości oszczędzania energii elektrycznej, poprawiając tym samym rentowność zakładu. Stosowanie coraz bardziej popularnych przemienników częstotliwości, czyli układów do płynnej regulacji prędkości obrotowej silników elektrycznych prądu przemiennego oraz soft-start'ów urządzeń do miękkiego rozruchu silników elektrycznych prądu przemiennego pozwoliło niejednej firmie odczuć na własnej skórze ich zalety ruchowe i ekonomiczne. Mimo to dla wielu słowa: przemiennik częstotliwości, soft-start, falownik, płynna regulacja prędkości obrotowej maszyny elektrycznej, sterowanie częstotliwościowe lub sterowanie wektorowe jest wielką zagadką i budzi obawy. Nasza firma poprzez szkolenia, seminaria, spotkania z klientami, czy też informacje wysyłkowe stara się Państwu przybliżyć tematy dotyczące nowoczesnej energoelektroniki oraz sterowania procesami przemysłowymi.



W dalszej części pragniemy przedstawić Państwu oferowane przez nas wyroby francuskiej firmy CEGELEC wchodzącej w skład konsorcjum ALSTOM, producenta między innymi regulatorów prędkości obrotowej. Metody regulacji prędkości obrotowej i rozwiązania jakie stosujemy w naszych aplikacjach.

## **2. Metody regulacji i sterowania napędami elektrycznymi.**

### **2.1. Metody regulacji.**

Procesy przemysłowe wymagają optymalizacji aby osiągnąć wydajne, ekonomiczne i wysokiej jakości metody produkcji. Oznacza to, że optymalna ilość medium przepływającego poprzez instalację przemysłową, musi być regulowana wraz ze zmianami zachodzącymi w procesie technologicznym. Ilość przepompowywanej cieczy musi być regulowana zgodnie z aktualnymi wymaganiami procesu technologicznego i z tego powodu pompy muszą zawsze reagować na zmiany ciśnienia, które są dyktowane przez przebiegający proces. Ilość dopływającej wody do kotła generatora elektrowni musi być dostosowana do aktualnego zapotrzebowania na energię w kotle, tak by była zachowana odpowiednia sprawność kotła. Z podobnych powodów powinien być regulowany nadmuch powietrza do tego kotła. Ciśnienie przepływającego gazu przez rurociąg, musi posiadać odpowiednią wartość, która zapewni np. zabezpieczenie przed cofnięciem się. Kompresor powinien pracować w taki sposób, aby zapewnić utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia gazu w instalacji.

W przeszłości, metody używane dla otrzymania takiej elastyczności w regulacji musiały być realizowane przy stałej prędkości pracy silnika lub przy niewielkich możliwych jej zmianach. Ze względu na brak regulacji prędkości obrotowej silnika rozpowszechniony był system regulacji różnego rodzaju zaworami i przepustnicami, których to położenie wpływało na ilość przepływającego medium. Podczas ostatnich 20 lat odnotowano znaczny postęp w budowie elementów półprzewodnikowych dużej mocy oraz technice mikroprocesorowej, jednocześnie unowocześniając metody sterowania. Dzięki temu powstały ekonomiczne i niezawodne przemienniki częstotliwości do napędu silników prądu przemiennego.

### **2.1. Sterowanie tradycyjne.**

#### **Regulacja zaworami.**

Zazwyczaj, system pomp jest projektowany tak, aby pracował w normalnych warunkach, poniżej mocy znamionowej. Rys.2.1. przedstawia typowe charakterystyki przy tego rodzaju pracy. Punkt przecięcia krzywej AB (charakterystyki pompy) oraz krzywej CB (charakterystyki systemu) wyznacza punkt pracy znamionowej (punkt B) na podstawie którego można wyznaczyć wartość przepływu przy danym ciśnieniu. Przeważnie pompa jest skonstruowana tak, aby pracowała blisko jej maksymalnej sprawności (punktu B). Regulacja przepływu jest uzyskiwana przez zamykanie zaworu sterującego, krzywe CP, CQ, CR i CS są

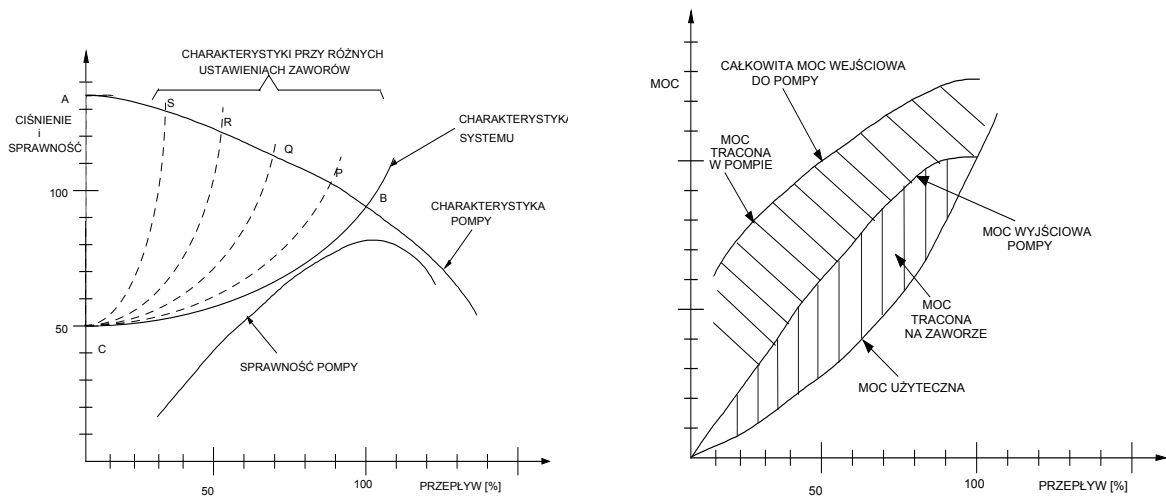
przykładowymi charakterystykami uzyskanymi przy różnych pozycjach zaworu. Wynika z tego, że pompa musi pracować odpowiednio w punkcie P, Q, R lub S.

Praca w takich warunkach powoduje następujące konsekwencje :

- Przy redukcji przepływu pompa musi pracować przeciwko wzrastającemu ciśnieniu, dlatego też energia wyjściowa pompy musi być znacznie wyższa niż wymaga w rzeczywistości system. Nadmiar energii jest rozpraszany i przenoszony przez przepływającą ciecz.
- Spada sprawność pompy, co powoduje dalsze powiększenie strat.

Moc użyteczna wymagana przez system wynika z wysokości ciśnienia w systemie (krzywa CB). Całkowita energia niezbędna do przetłaczania medium przez zawór i system jest określana przez wysokość ciśnienia i wartość przepływu, które można wyznaczyć z krzywej B (punkty P, Q, R, S itd.).

Całkowitą moc wejściową pompy można otrzymać przez podzielenie wymaganej mocy wyjściowej pompy przez jej sprawność w danym punkcie.

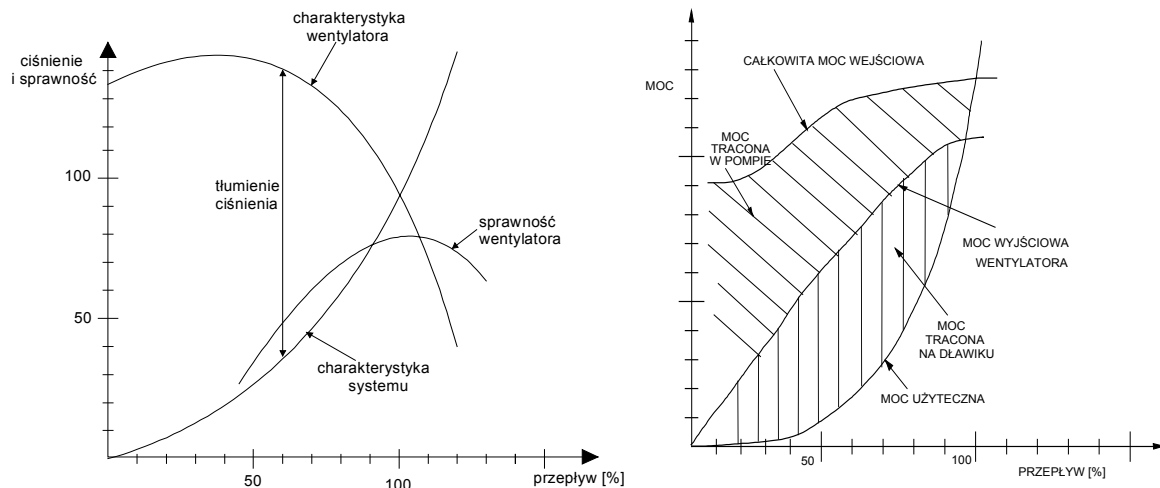


Rysunek 2.1. Charakterystyki pompy (stała prędkość).

Z przedstawionych powyżej charakterystyk wynika, że jeżeli do redukcji przepływu jest używany zawór, to w takim systemie tracona energia może być stosunkowo duża, co może mieć znaczne odbicie w kosztach ponoszonych przez zakład.

### Regulacja przepustnicą

Z punktu widzenia przetwarzania energii, istnieje wiele podobieństw pomiędzy pracą wentylatora i pompy, tak więc charakterystyki z rys.2.2. są odpowiednikami charakterystyk z rys.2.1. W tym przypadku charakterystyka wentylatora stromo opada po przekroczeniu znamionowego przepływu a przy małych wartościach praca jest nieco niestabilna.



Rysunek 2.2. Charakterystyki wentylatora (stała prędkość).

Przy regulacji przepustnicą wlot lub wylot powietrza do wentylatora jest ograniczany przez ruchome zastawy, które powodują dodatkowy spadek ciśnienia.

Krzywa mocy w dolnej części rys.2.2. jest otrzymana analogicznie jak w przypadku rys.2.1. Tak samo jak w przypadku układu z pompą widać, jak poważne mogą występować straty energii przy takim systemie redukcji przepływu gazu.

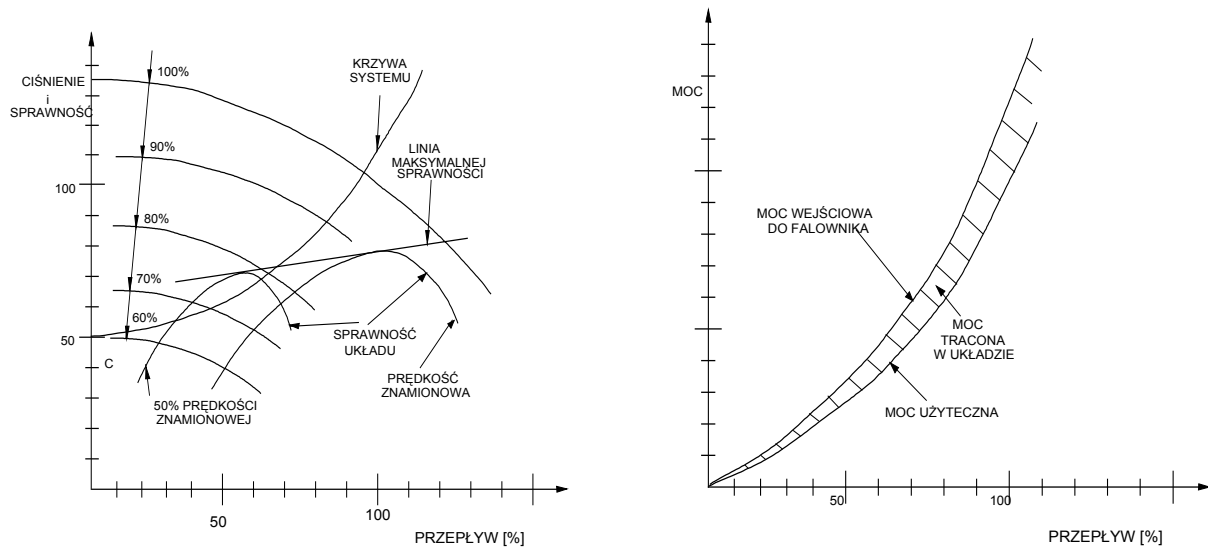
Podsumowując ten rodzaj regulacji można stwierdzić, że bez względu na rodzaj systemu, wszystkie one posiadają następujące cechy:

- Krzywa sprawności wentylatora lub pompy, posiada maksymalną wartość w otoczeniu znamionowego punktu pracy i zmniejsza się wraz ze spadkiem przepływu.
- Redukcją przepływu przy pomocy zaworu lub przepustnicy powoduje dodatkowe straty na tych elementach.

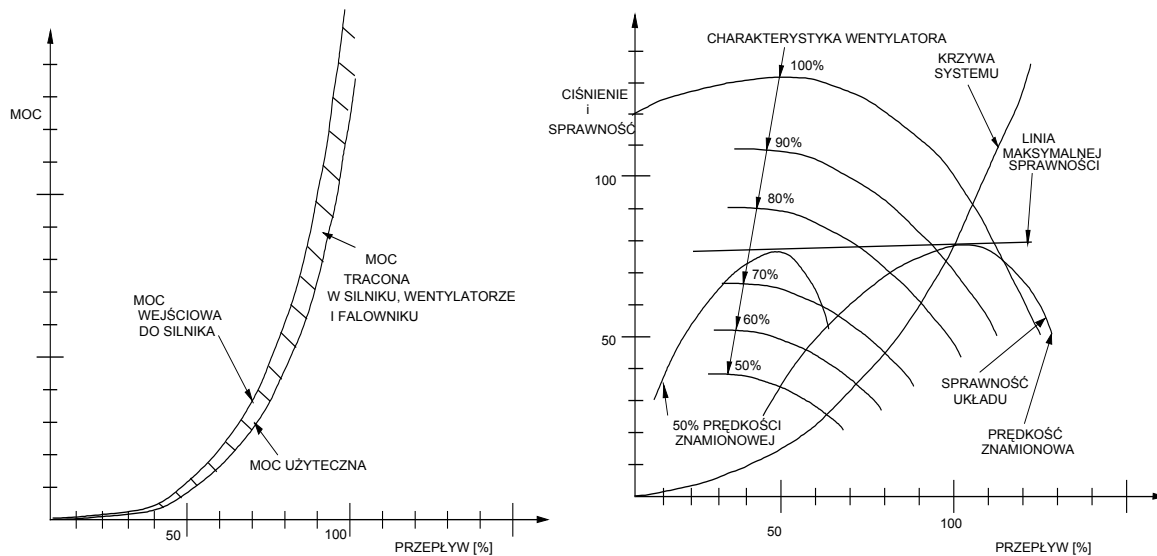
Metody regulacji opisane powyżej, przypominają jazdę samochodem, w czasie której używamy hamulca do zmniejszania prędkości, podczas gdy pedał gazu mamy cały czas wciśnięty.

### 2.3. Sterowanie poprzez płynną regulację prędkości.

Praca pompy, wentylatora lub kompresora przy zmiennej prędkości daje użytkownikowi możliwość dopasowania charakterystyki urządzenia do wymagań stawianych przez system. Przykładem może być praca pompy lub wentylatora, gdzie ruch obrotowy wirnika powoduje wymuszenie przepływu cieczy lub gazu. Wytwarzane w ten sposób ciśnienie jest proporcjonalne do kwadratu prędkości obrotowej wirnika, natomiast przepływ jest proporcjonalny do niej.



Rysunek 2.3. Charakterystyki pompy (zmienna prędkość).

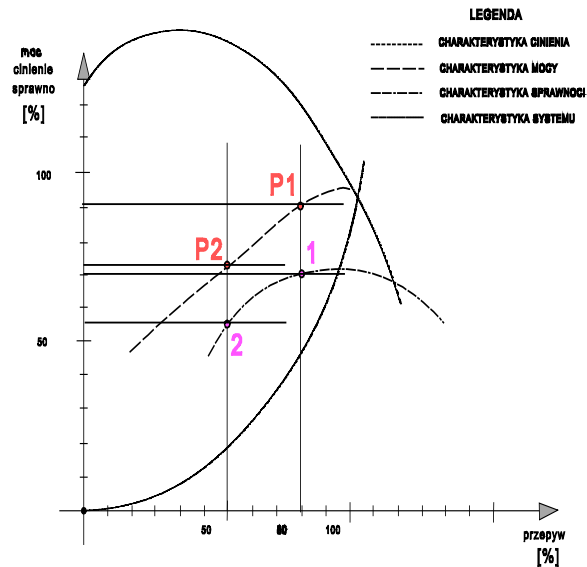


Rysunek 2.4. Charakterystyki wentylatora (zmienna prędkość).

Dzięki temu, że małe prędkości mogą być osiągnięte przy małych dodatkowych stratach energii, można zaoszczędzić poważne ilości energii elektrycznej.

Jakkolwiek, nie jest to jedyna korzyść wynikająca z regulacji prędkości, to dzięki niej można otrzymać charakterystyki sprawności których przebieg pokazano na rys.2.3. i 2.4., tzn. sprawność tylko nieznacznie spada wraz ze zmniejszaniem prędkości. Z tego faktu wynika, że jest możliwa praca przy najwyższej sprawności pompy lub wentylatora w szerokim zakresie przepływu.

### 3. Ekonomia stosowania różnych metod regulacji.



Rysunek 3.1. Wykresy charakterystyk sprawności.

Obliczenia oszczędności należy przeprowadzić w zależności od zainstalowanej mocy, obciążenia i czasu pracy dla aktualnie analizowanego systemu.

Analiza obliczeniowa została przeprowadzona dla wentylatora następujących danych :

$P_n = 315 \text{ kW}$  - moc znamionowa silnika -  $P_{eln}$

$U_n = 400 \text{ V}$  – napięcie znamionowe

$I_n = 541 \text{ A}$  – prąd znamionowy

$h_{s100\%} = 0,95$  - znamionowa sprawność silnika

$h_{w100\%} = 0,74$  - znamionowa sprawność wentylatora

$h_{f100\%} = 0,98$  - znamionowa sprawność przemiennika

$h_{f80\%} = 0,97$  - sprawność przemiennika przy 80% obciążenia

$h_{f50\%} = 0,95$  - sprawność przemiennika przy 50% obciążenia  
przebieg zasilany bezpośrednio z sieci energetycznej.

Moc użyteczna, znamionowa na wyjściu wentylatora jest równa

$$P_{uz100\%} = P_n \cdot h_{w100\%} = 315 \cdot 0,74 = 233 \text{ kW}$$

**3.1. Stała prędkość.****Regulacja przepustnicą**

A. obciążenie znamionowe:

$$P_{el} = P_n / h_{s100\%} = 315 / 0,95 = 332 \text{ kW}$$

B. 80% obciążenia znamionowego:

z charakterystyk wentylatora (rys.2.1, punkt P1 i h1):

$$P_{uz80\%} = 91\% * P_{uz100\%} = 0,91 * 233 = 212 \text{ kW}$$

$$h_{w80\%} = 0,7$$

więc

$$P_{el} = P_{uz80\%} / (h_{w80\%} * h_s) = 212 / (0,7 * 0,95) = 319 \text{ kW}$$

B. 50% obciążenia znamionowego:

z charakterystyk wentylatora (rys.2.1., punkt P2 i h2):

$$P_{uz50\%} = 72\% * P_{uz100\%} = 0,72 * 233 = 168 \text{ kW}$$

$$h_{w50\%} = 0,58$$

więc

$$P_{el} = 168 / (0,58 * 0,95) = 305 \text{ kW}$$

**Regulacja przy pomocy aparatu kierowniczego.**

A. obciążenie znamionowe:

$$P_{el} = P_n / h_{s100\%} = 315 / 0,95 = 332 \text{ kW}$$

B. 80% obciążenia znamionowego:

z charakterystyk wentylatora :

$$P_{uz80\%} = 75\% * P_{uz100\%} = 0,75 * 233 = 175 \text{ kW}$$

$$h_{w80\%} = 0,65$$

więc

$$P_{el} = P_{uz80\%} / (h_{w80\%} * h_{s100\%}) = 175 / (0,65 * 0,95) = 283 \text{ kW}$$



C. 50% obciążenia znamionowego:

z charakterystyk wentylatora :

$$P_{uz50\%} = 55\% * P_{uz100\%} = 0,55 * 233 = 128 \text{ kW}$$

$$h_{w50\%} = 0,5$$

więc

$$P_{el} = 128 / (0,5 * 0,95) = 270 \text{ kW}$$

### 3.2.Zmienna prędkość.

A. obciążenie znamionowe:

$$P_{el} = P_n / (h_{s100\%} * h_{f100\%}) = 315 / (0,95 * 0,98) = 338 \text{ kW}$$

B. 80% obciążenia:

$$P_{el} = P_{uz100\%} (n_{80\%} / n_n)^3 * (1 / (h_{w80\%} * h_{s100\%} * h_{f80\%}))$$

ponieważ przepływ jest wprost proporcjonalny do zmian prędkości obrotowej więc :

$$P_{el} = 233 * (0,8)^3 * (1 / (0,7 * 0,95 * 0,97)) = 185 \text{ kW}$$

C. 50% obciążenia :

$$P_{el} = 233 * (0,5)^3 * (1 / (0,7 * 0,95 * 0,97)) = 45 \text{ kW}$$

Ponieważ oszczędności energii elektrycznej zależą od czasu trwania danego obciążenia, przyjęto następujące dane :

1kWh kosztuje 0,16 zł.

oraz przyjęto następujący przebieg pracy wentylatora :

100% obciążenia - przez 2000 h,

80% obciążenia - przez 4000 h,

50% obciążenia - przez 1200 h,

wyłączenie - przez 1560 h,

**RAZEM**

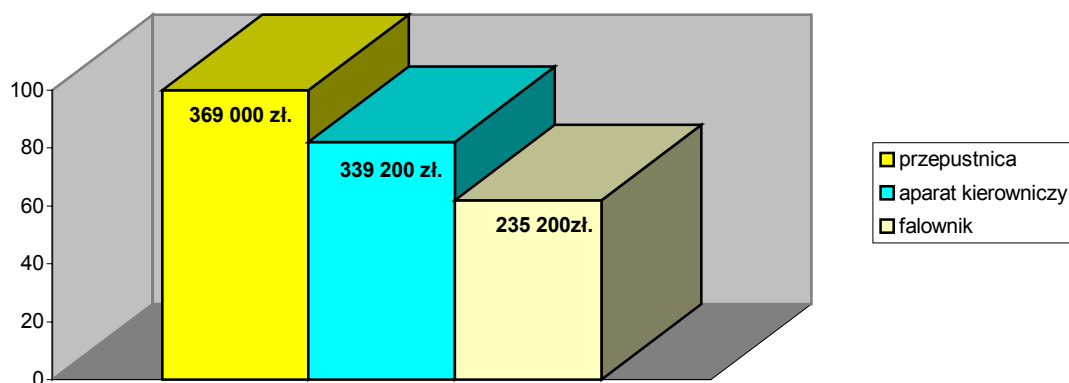
**8760 h**

Uzyskane wyniki zostały przedstawione w tabelach poniżej :

Tab. 3.1. Wyliczenie kosztów energii elektrycznej dla różnych metod regulacji.

Czas Pracy [h]	stała prędkość obrotowa						zmienna prędkość obrotowa (przeźniennik)		
	Przepustnica			Aparat kierowniczy					
	Moc [kW]	Energia [kWh]	Koszt [zł.]	Moc [kW]	Energia [kWh]	Koszt [zł.]	Moc [kW]	Energia [kWh]	Koszt [zł.]
2000	332	664000	106240	332	664000	106240	338	676000	108160
4000	319	1276000	204160	283	1132000	181120	185	740000	118400
1200	305	366000	58560	270	324000	51840	45	54000	8640
<b>Razem</b>			<b>369000</b>			<b>339200</b>			<b>235200</b>

Tab. 3.2. Przedstawienie kosztów energii elektrycznej dla różnych metod regulacji.



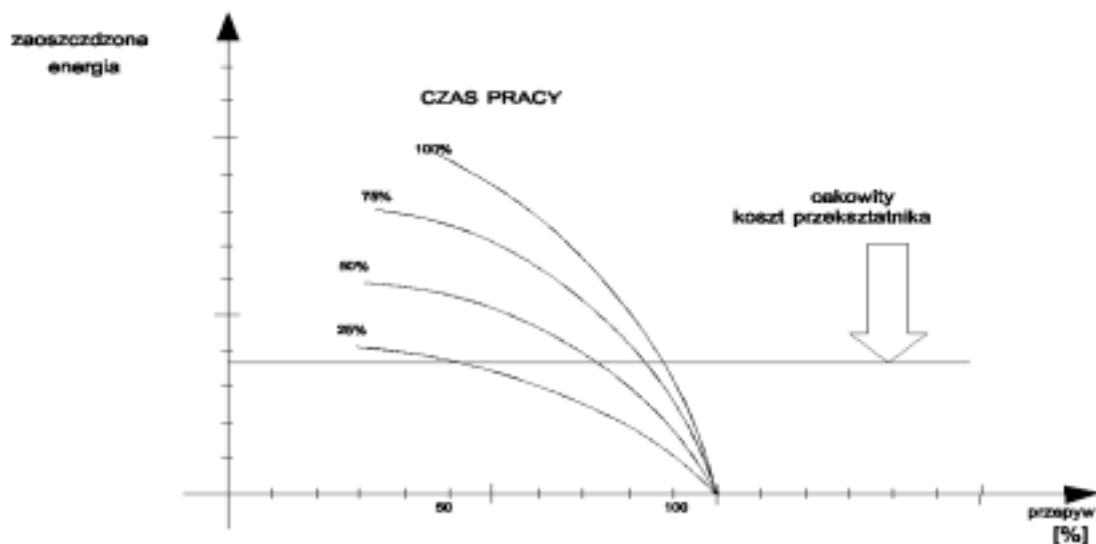
Tak więc, dzięki zastosowaniu regulatora prędkości obrotowej oszczędności finansowe wynoszą :

- w porównaniu z regulacją poprzez dławienie : 133 800 zł.
- w porównaniu z regulacją za pomocą aparatów kierowniczych : 104 000 zł.

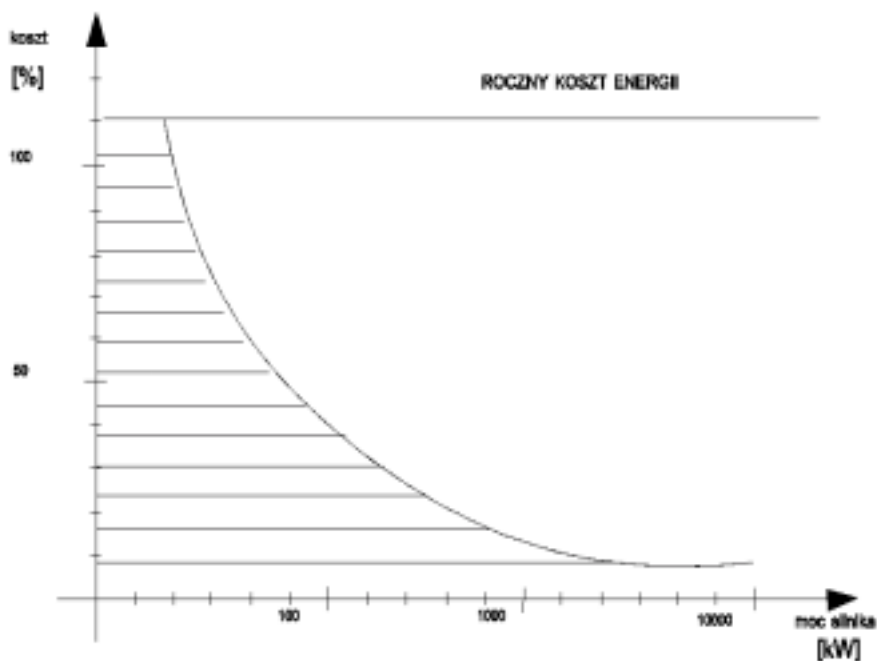
Koszt inwestycyjny układu przekształtnikowego wentylatora dla omawianego wariantu wynosi około : 214 000 zł.

Koszt przeźniennika i instalacji zwróci się za około :

1,6 roku (około 585 dni).



Rysunek 3.2. Wykres rentowności przemiennika częstotliwości.



Rysunek 3.3. Wykres kosztu całkowitego przemiennika częstotliwości.

Powyższe wykresy obrazują zależność kosztów inwestycyjnych poniesionych z tytułu wdrożenia przemiennika częstotliwości od zapotrzebowanej mocy oraz charakterze obciążenia. Jak widać im większa moc przemiennika tym większe zyski wynikające z oszczędności energii elektrycznej, a tym samym szybsza amortyzacja urządzenia.

## **4. Zalety i wady różnych sposobów regulacji wydajności pomp i wentylatorów.**

### **4.1. Stała prędkość obrotowa :**

Regulacja poprzez dławienie (zaworem lub przepustnicą) + aparatem kierowniczym wentylatora.

#### Zalety :

- możliwość zmiany wydajności,
- możliwość zautomatyzowania procesu,
- duża pewność działania,

#### Wady :

- ogromne zużycie energii elektrycznej (czynnej i biernej),
- konieczność stosowania układu poprawiającego współczynnik mocy,
- bardzo ciężki rozruch napędu,
- słaba dynamika układu regulacji,
- utrata stabilności czynnika regulowanego w przypadku krótkotrwałych awarii (np. zanik napięcia i przełączanie układu SZR)

### **4.2. Zmienna prędkość obrotowa :**

#### 4.2.1. Regulacja z wykorzystaniem sprzęgła hydraulicznego.

#### Zalety :

- większa oszczędność energii elektrycznej czynnej,
- łatwość uzyskiwania parametrów wyjściowych,
- niewielkie rozmiary,
- łatwość zamontowania urządzenia (nie ma potrzeby stosowania oddzielnego pomieszczenia)

#### Wady :

- duże zużycie mocy biernej,
- bardzo niski współczynnik mocy,
- ciężki rozruch,
- niska sprawność,
- konieczność stosowania kłopotliwego układu chłodzącego,
- ograniczony zakres regulacji obrotów,

#### 4.2.2. Regulacja z wykorzystaniem kaskady podsynchronicznej.

#### Zalety :

- znaczne oszczędności energii elektrycznej czynnej,
- łatwość i precyzja w osiąganiu niezbędnych parametrów wyjściowych,
- poprawa warunków rozruchu napędu,

Wady :

- przestarzała, prawie historyczna metoda regulacji,
- tendencje światowe do unikania stosowania silników dwustronnie zasilanych (zarówno prądu przemiennego jak i stałego),
- konieczność stosowania silnika pierścieniowego,
- konieczność częstego oczyszczania wnętrza silnika z osypującego się pyłu ze szczotek, pogarszającego izolację,
- konserwacja szczotkotrzymaczy, wymiana szczotek,
- duża podatność na zakłócenia zewnętrzne, co powoduje wyłączanie się napędu i przerwy w czasie pracy,
- słaba kompatybilność elektromagnetyczna,
- korozja łożysk (konieczność stosowania drogich łożysk izolowanych)
- konieczność stosowania oddzielnego pomieszczenia z dodatkową wentylacją,
- słaba sprawność układu,
- niski współczynnik mocy,
- konieczność stosowania układu kompensacji mocy biernej,
- brak „lotnego startu” (jakikolwiek zakłócenie wyłączające napęd, powoduje zatrzymanie silnika i ponowny rozruch od zerowej prędkości; perturbacje w stabilizowanym czynniku : ciśnienie i przepływ pompy, podciśnienie w przypadku wentylatora),
- ograniczony zakres regulacji obrotów

## 4.2.3. Regulacja z wykorzystaniem przemiennika częstotliwości.

Zalety :

- ogromne oszczędności energii elektrycznej czynnej (30% większe niż dla kaskady podsynchronicznej) i biernej,
- duży współczynnik mocy ( $\cos \varphi = 0,9$ ) w całym zakresie regulacji,
- duża sprawność energetyczna rzędu 98 %,
- pięciokrotne zmniejszenie zużycia energii elektrycznej biernej w porównaniu do pozostałych metod regulacji,
- bardzo łatwy rozruch napędu,
- regulacja obrotów w zakresie (dla pomp i wentylatorów) od 10-100 % (bez potrzeby dodatkowego chłodzenia silnika),
- możliwość stosowania silnika asynchronicznego, klatkowego o budowie zamkniętej,
- zastosowanie tranzystorów IGBT w falowniku (prąd wyjściowy do silnika jest sinusoidą; łączna zawartość wyższych harmonicznych nie przekracza 3 %) powoduje możliwość zastosowania standardowych silników klatkowych,
- ograniczone oddziaływanie na sieć zasilającą przez stosowanie prostowników wielofazowych,

- możliwość „lotnego startu” (zsynchronizowanie się z wirującym wałem umożliwia znakomitą stabilizację czynnika : ciśnienia i przepływu),
- znakomita dynamika układu regulacji,
- standardowo zabudowany regulator typu PID (brak konieczności stosowania dodatkowej automatyki),
- możliwość wykorzystania komputera PC do sterowania i wizualizacji pracy napędu,
- precyzyjna i łatwa regulacja,
- płynne wprowadzanie pompy do ruchu,
- eliminacja uderzeń prądowych i hydraulicznych,
- automatyczna regulacja,
- cicha praca,
- dokładne cyfrowe sterowanie,
- funkcja wykładnicza dla sterowania ciśnieniem,
- możliwość pomijania częstotliwości przy których zachodzi rezonans mechaniczny,
- duży moment rozruchowy - 160% przez 60s przy częstotliwości 0.5Hz,
- rejestracja przebiegu pracy i przyczyn wyłączeń,
- śledzenie obciążenia falownik śledzi prędkość obciążenia, aby zapobiegać przepięciom, które mogą spowodować awaryjne wyłączenie,
- odcięcie przy przekroczeniu określonej wartości chwilowej prądu,
- zapobieganie wyłączeniom przy przeciążeniach falownika,
- zmniejszenie zużycia mechanicznego,
- minimalny hałas z silnika,
- bezpieczeństwo:
  - elektroniczne zabezpieczenie silnika,
  - separacja galwaniczna,
  - zabezpieczenie przed zwarciami międzyfazowymi i doziemnymi,
  - uziemienie,
  - zabezpieczenie przed zbyt wysokimi napięciami,
  - ochrona cieplna silnika,

#### Wady :

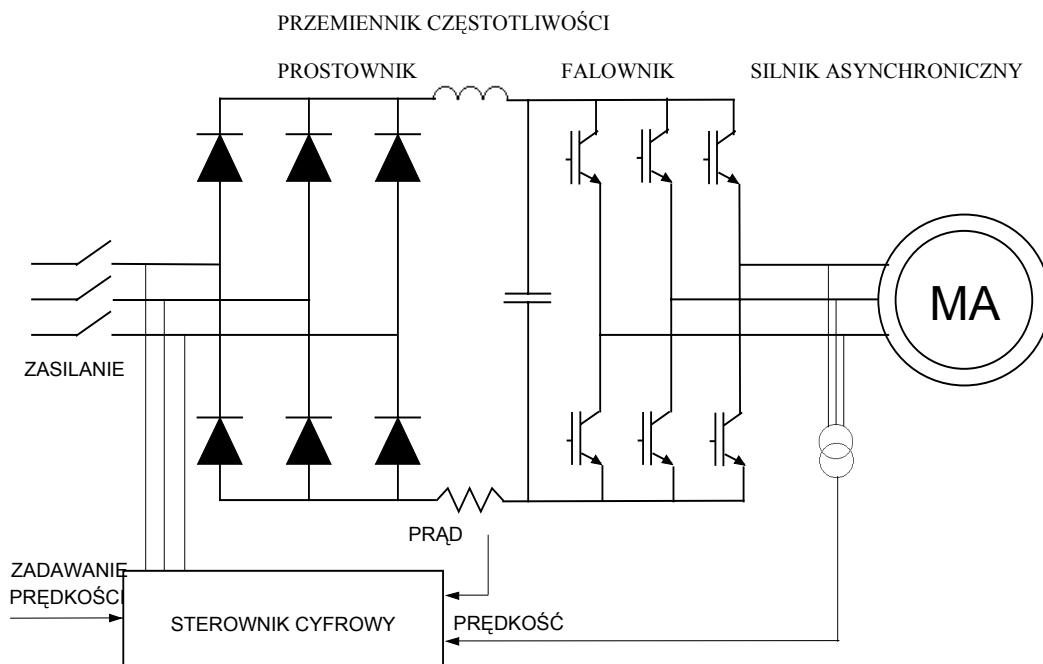
- konieczność stosowania oddzielnego pomieszczenia z dodatkową wentylacją (pomimo sprawności rzędu 98% ponieważ dla mocy znamionowej 1500 kW straty ciepła wynoszą 30 kW),
- z uwagi na charakter działania, a więc stosowanie bardzo szybkich przełączeń (rzędu 3-18 kHz) bardzo dużych prądów i napięć możliwość (w przypadku złego zaprojektowania lub projektowania przez firmę o niewielkim doświadczeniu w tych sprawach) negatywnego oddziaływania na inne urządzenia, a zwłaszcza na układy komunikacji

telefonicznej (telefony, radia pagery itp.), układy komputerowe i układy pomiarowe i zabezpieczeń.

## 5. Alspa GD 3000E przemienniki częstotliwości na miarę każdej instalacji.

Chcemy teraz przedstawić rodzinę przemienników częstotliwości GD 3000E, której producentem jest francuski koncern CEGELEC wchodzący w skład konsorcjum ALSTOM, światowego lidera w dziedzinie napędów elektrycznych, sterowników swobodnie programowalnych, oraz przemysłowych systemów sterowania.

Przemiennik częstotliwości GD 3000E należy do falowników napięcia tzn. posiada obwód pośredniczący prądu stałego w którym niezmienną wielkością jest napięcie. Na wyjściu przekształtnika otrzymujemy napięcie trójfazowe o regulowanej częstotliwości i wartości skutecznej. Falownik ten wykorzystuje metodę pośredniej regulacji głównego strumienia magnetycznego silnika poprzez kompensację spadku napięcia na impedancji stojana, dzięki czemu może być zachowany stały stosunek napięcie-częstotliwość ( $U/f = \text{const}$ ).



Rysunek 5.1. Schemat ogólny przemiennika częstotliwości.

### 5.1. Cechy.

Układ wykonawczy jest zbudowany w oparciu o tranzystory IGBT, których częstotliwość przełączania w falowniku GD 3000E może wynosić od 1.25 do 7.5kHz. Dzięki tak wysokiej częstotliwości komutacji oraz odpowiedniemu algorytmowi wypracowywania impulsów wyzwalających uzyskano znaczną redukcję wyższych harmonicznych w napięciu wyjściowym, co powoduje, że silnik nie musi mieć obniżonych parametrów znamionowych.

Przezienniki serii ALSPA GD 3000E charakteryzują się wieloma pozytywnymi cechami, które czynią je niezawodnymi i jednocześnie prostymi w użyciu. Wymieńmy niektóre z nich :

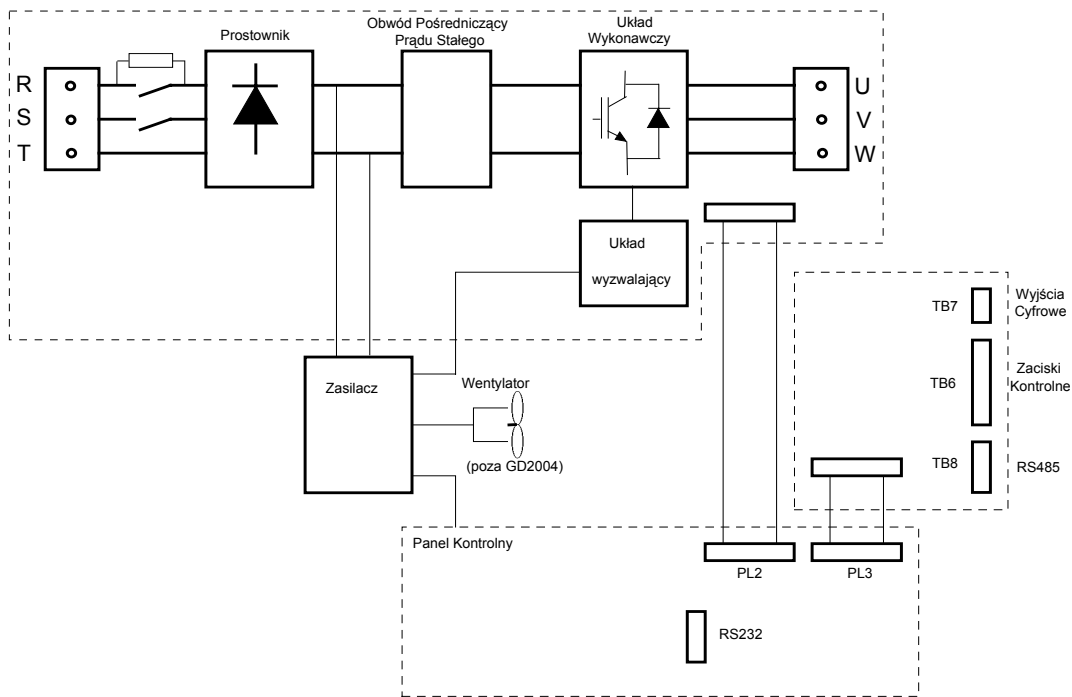
**Instalacja :**

- Możliwość zastosowania standartowych silników indukcyjnych.
- Domyślne ustawienia fabryczne do szybkiego uruchomienia.
- Przystępny podręcznik użytkownika ułatwiający wygodną instalację, montaż i użytkowanie.
- Pomoc techniczna.

**Praca :**

- Automatyczny synchronizowany restart.
- Dokładne pełne cyfrowe sterowanie.
- Kontrola w czasie startów pozwalająca uniknąć uderzeń mechanicznych.
- Cicha praca.
- Oszczędność energii.
- Pełne wykorzystanie mocy silnika dzięki odpowiedniej modulacji fali wyjściowej napięcia.
- W pełni kontrolowane hamowanie prądem stałym.
- Możliwość podłączenia kilku silników do tego samego przekształtnika.
- Mała zawartość wyższych harmonicznych generowanych do sieci. Wszystkie falowniki serii GD 3000E spełniają normy dotyczące zakłóceń elektromagnetycznych ETC (European Directive 89/336/ EEC). Standardowo, modele GD 3012 i większe są wyposażone w filtry przeciwzakłóceń. Jednostki GD 3104 i większe są również dostępne z prostownikiem 12-pulsowym.
- Funkcja wykładnicza dla sterowania ciśnieniem.
- Możliwość pomijania czterech różnych częstotliwości przy których zachodzi rezonans mechaniczny.
- Duży moment rozruchowy - 160% przez 60s przy częstotliwości 0.5Hz
- Kontrola poziomu hamowania prądem stałym.
- Duży moment obrotowy dla pomp wyporowych.





Rysunek 5.2. Schemat blokowy przemiennika częstotliwości.

**Obsługa:**

- Prosta 5 klawiszowa klawiatura (START, STOP, zmiana parametrów konfiguracyjnych) oraz wyświetlacz LED do kontroli falownika i wprowadzania parametrów.
- Dodatkowy kontroler.
- Standardowa komunikacja szeregową.
- Wyświetlanie stanu falownika.
- Wyświetlanie stanu łącza szeregowego.
- Hasło dla ochrony parametrów.
- Alarm w razie awarii.

**Dodatkowy kontroler:**

- Klawiatura numeryczna.
- Wyświetlacz tekstowy LCD z funkcją wyświetlania pomocy.
- "Samo-objaśniające" parametry mogące być wydawane poza standardowymi poleceniami, obejmującymi instrukcję obsługi.
- Kompletna konfiguracja falownika.
- Hasło dla ochrony parametrów.

**Wykonanie:**

- Technologia montażu powierzchniowego.
- 16 bitowy mikroprocesor.
- Wysoka jakość.
- Godny zaufania producent.

**Wyposażenie:**

- Lokalny port szeregowy RS232, zamontowany na froncie obudowy, który może służyć do podłączenia dodatkowego kontrolera, komputera dla lokalnego programowania falownika lub drukarki dla wydruku wartości parametrów oraz zarejestrowanego przebiegu pracy falownika.
- Konfigurowalny przez użytkownika panel wejścia / wyjścia.
- Port RS485, może pracować w protokole MODBUS ASCII/RTU, GEM80 ESP, przy prędkości transmisji do 19.2 kbaud. Za pomocą niego można kontrolować i sterować pracą, zmieniać i odczytywać parametry konfiguracyjne, odczytywać zarejestrowany przebieg pracy.
- Rejestracja przebiegu pracy i przyczyn wyłączeń.
- Wbudowany regulator PID (nie ma potrzeby stosowania dodatkowych kosztownych regulatorów przepływu, temperatury, ciśnienia itp.).

**Zastosowania**

Jak już wspomniano, przekształtniki serii GD 3000E znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle. Oto niektóre z nich :

- Przepompownie wody oraz oczyszczalnie ścieków:
- pompy odśrodkowe, napowietrzacze.
- Utylizacja odpadów:
- wentylatory pieców.
- Przemysł chemiczny:
- pompy wyporowe, mieszalniki, mieszadła, wirówki.
- Przemysł metalowy:
- wentylatory, pompy, samotoki.
- Przemysł spożywczy:
- wentylatory pieców, wentylatory klimatyzacyjne, przenośniki taśmowe, mieszalniki.
- Oraz wiele innych, różnorodnych zastosowań.

**Awarie.**

W czasie pracy napędu elektrycznego mogą się zdarzyć różne nieprzewidziane sytuacje np. nagły wzrost obciążenia, przerwa w zasilaniu itd.. Alspa GD 3000E została tak skonstruowana by reakcja na wszelkie możliwe awarie była optymalna i nie powodowała zbędnych wyłączeń.

- Zanik napięcia zasilającego.  
Kiedy obniża się moc wejściowa, Alspa GD 3000E używa energii układu napędowego do ostrzeżenia systemu kontrolującego.
- Automatyczny synchronizowany restart.  
Alspa GD 3000E może automatycznie restartować i zsynchronizować się z silnikiem którego wał po odłączeniu zasilania nadal wiruje.

- Śledzenie obciążenia.  
Alspa GD 3000E śledzi prędkość obciążenia, aby zapobiegać przepięciom, które mogą spowodować awaryjne wyłączenie.
- Odcięcie przy przekroczeniu określonej wartości chwilowej prądu.  
Szybko działający kontroler przebiegu kształtu prądu wyjściowego falownika Alspa GD 3000E gwarantuje, że chwilowe przeciążenie nigdy nie spowoduje wyłączenia.
- Zapobieganie wyłączeniom przy przeciążeniach falownika.  
Redukcja obciążenia falownika jest uzyskiwana poprzez zmniejszenie częstotliwości napięcia wyjściowego do wartości która zapewnia utrzymanie prądu w granicach maksymalnych. Poziom prądu jest zredukowany od 150% do 100% prądu znamionowego.
- Ostrzeżenie i zapobieganie przypadkom, gdy temperatura silnika lub falownika przekroczy dopuszczalne wartości.  
Moment obciążenia może być zmuszony do zmniejszenia pobieranego prądu. Powoduje to redukcję wydzielającego się ciepła, zapobiega wyłączeniom silnika oraz falownika.
- Programowane działanie przy zaniku informacji.  
Falownik może być zaprogramowany do określonego działania w przypadku zaniku informacji o aktualnej prędkości lub innych wielkości niezbędnych do sterowania.
- Rejestracja przyczyn wyłączeń i przebiegu pracy.  
Alspa GD 3000E rejestruje 10 przyczyn ostatnich wyłączeń, oraz 100 próbek 10-ciu predefiniowanych parametrów. Prowadzi to do szybkiej diagnostyki i znacznej minimalizacji czasu przestoju. Automatyczny restart z jednoczesnym drukowaniem, zarejestrowanego przebiegu pracy (na drukarce z łączem szeregowym), pomaga diagnozować awarie z zerowym czasem przestoju.

**kontrola procesu :**

- ogromne możliwości przystosowania do różnych procesów technologicznych,
- regulacja PID (nie ma potrzeby stosowania dodatkowych regulatorów przepływu, ciśnienia, temperatury itp.),
- wszystkie wejścia i wyjścia nadają się do regulacji przez PLC,
- możliwość zdalnej wizualizacji procesu : aktualna prędkość, częstotliwość, przebiegi prądów, alarmy, łącze szeregowo,
- wysoka sprawność silnika,
- zmniejszenie zużycia mechanicznego,
- eliminacja mechanicznych zakłóceń rezonansowych,
- eliminacja uderzeń hydraulicznych,
- sinusoidalny prąd wyjściowy, odpowiadający w kształcie prądowi silnika przy zasilaniu z sieci:

- pomijalnie mała zawartość wyższych harmoniczych
- filtr EMC,
- prostownik 6 lub 12 pulsowy,
- minimalny hałas z silnika,

**bezpieczeństwo :**

- elektroniczne zabezpieczenie silnika,
- separacja galwaniczna,
- zabezpieczenie przed zwarciami międzyfazowymi i doziemnymi,
- uziemienie,
- zabezpieczenie przed zbyt wysokimi napięciami,
- ochrona cieplna silnika,

**Normy :**

Przeмиenniki częstotliwości Alspa GD 3000E spełniają następujące międzynarodowe i polskie normy pracy urządzeń elektrycznych :

- EN 60146-1-1/IEC 146-1-1
- EN 61800-3/IEC 1800-3
- ED 89/336/ EEC
- ISO 9001 (BS 5750 cz. 1)
- pr EN 50178
- ANSI/UL508
- ANSI/UL508C
- CAN/CSA C22.2-14
- IEC 721-3-3 „klasa 3M1”

**6.Dane techniczne przeмиenników częstotliwości GD 3000E.**

Zasilanie:	
Napięcie	3f 380 ÷ 690 V ±10%
Częstotliwość	45-63 Hz
Zakres mocy	3 ÷ 1899 kW
Prąd wyjściowy	8 ÷ 1879 A
Przeciążalność prądowa 60s.	110% lub 150%
Napięcie wyjściowe	Regulowane w zależności od częstotliwości. Równe maksymalnie wartości skutecznej napięcia zasilającego
Częstotliwość wyjściowa	0 ÷ 200 Hz

Wejścia binarne	<p>Pięć wejść binarnych</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rezystancja wejściowa 15k<math>\Omega</math></li> <li>- uaktywnienie +10 do +50 V</li> </ul> <p>Możliwość rozbudowy o kolejne 8 wejść cyfrowych.</p>
Wyjścia binarne	<p>Wyjście przekaźnikowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- maks. napięcie 120V<sub>ac</sub></li> <li>Maks. obciążenie 1A</li> </ul> <p>Wyjście półprzewodnikowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maks. napięcie 24V stan aktywny wysoki</li> <li>Prąd znamionowy maksymalnie 50mA</li> <li>Zabezpieczenie przed zwarcie</li> </ul> <p>Możliwość rozbudowy o 2 wyjścia przekaźnikowe i 6 wyjść półprzewodnikowych.</p>
Wejścia analogowe	<p>2 programowalne wejścia</p> <p>Zakres napięciowy -10V do +10V</p> <p>Impedancja 100 k<math>\Omega</math></p> <p>Zakres prądowy -20mA do +20mA</p> <p>Impedancja 500 <math>\Omega</math></p> <p>Zakres regulacji 100% skali</p> <p>Zakres regulacji wzmocnienia <math>\pm 200\%</math></p> <p>Dokładność <math>\pm 0.5\%</math> pełnego zakresu</p> <p>Możliwość rozbudowy o 2 programowalne wejścia</p>
Wyjścia analogowe	<p>2 programowalne wyjścia</p> <p>Zakres napięciowy -10V do +10V</p> <p>Zakres prądowy -20mA do +20mA</p> <p>Maks. obciążenie 5mA</p> <p>Maks. rezystancja obciążenia 500 <math>\Omega</math></p> <p>Dokładność <math>\pm 0.5\%</math> pełnego zakresu</p> <p>Czas aktualizacji 5ms</p> <p>Możliwość rozbudowy o szybkie wej/wyj cyfrowe HSIO</p>
Łącza szeregowo	<p>Dwa niezależne łącza szeregowo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RS 232 : prędkość transm.od 9,6÷38.4 kB protokół: GEM 80 ESP MODBUS ASCII/RTU</li> <li>- RS 485 : prędkość transm.od 1,2 ÷38.4 kB protokół: GEM 80 ESP MODBUS ASCII/RTU</li> </ul>
Stopień ochrony	IP 20 ÷ IP 54

Rodzaj sterowania	Częstotliwościowe (zmiana częstotliwości i napięcia) Wektorowe (z koderem) Wektorowe (bez koderera)
Temperatura otoczenia robocza Magazynowania	od 0 <sup>0</sup> C do 40 <sup>0</sup> C -25 <sup>0</sup> C do 70 <sup>0</sup> C
Wilgotność	od 5% do 95 % wilgotności względnej, bez kondensacji
Wysokość	do 1000 m n.p.m. 1000-2000 m n.p.m. przez obniżenie prądu o 7.3 %
Chłodzenie	Wymuszone wewnętrznym wentylatorem
Max. hałas akustyczny	88 dB
Kompatybilność elektromagnetyczna	Urządzenie spełnia normy : EN 60146-1-1/IEC 146-1-1 EN 61800-3/IEC 1800-3 ED 89/336/ EEC ISO 9001 (BS 5750 cz. 1) pr EN 50178 ANSI/UL508 ANSI/UL508C CAN/CSA C22.2-14 IEC 721-3-3 „klasa 3M1”

## 7. Urządzenie do miękkiego rozruchu silników elektrycznych Soft-Start.

Standardowe silniki asynchroniczne najlepsze parametry ruchowe uzyskują w okolicach punktu znamionowego pracy. Dla postoju i małych prędkości obrotowych stanowią jednak małą impedancję dla systemu zasilania co powoduje, przy pełnym napięciu zasilającym przepływ dużych prądów, których wartość powoli zmniejsza się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej silnika. Przepływ tak dużego prądu rozruchowego powoduje duże spadki napięcia w sieci. Stan zasilania pogarszany jest dodatkowo przez niski współczynnik mocy poniżej 0,2.

Powyższe przyczyny mogą spowodować chwilowy, znaczny spadek napięcia zasilania oraz zmniejszenie momentu rozruchowego, co w konsekwencji może doprowadzić do wydłużenia czasu rozruchu lub nawet utknięcia silnika. Należy także pamiętać, że odbiorcy przemysłowi muszą płacić kary za niski współczynnik mocy. Niebezpieczeństwem nadmiernego prądu jest również udar momentu obrotowego, powodujący niepożądane naprężenia w ramie i uzwojeniach silnika oraz w układzie mechanicznym.

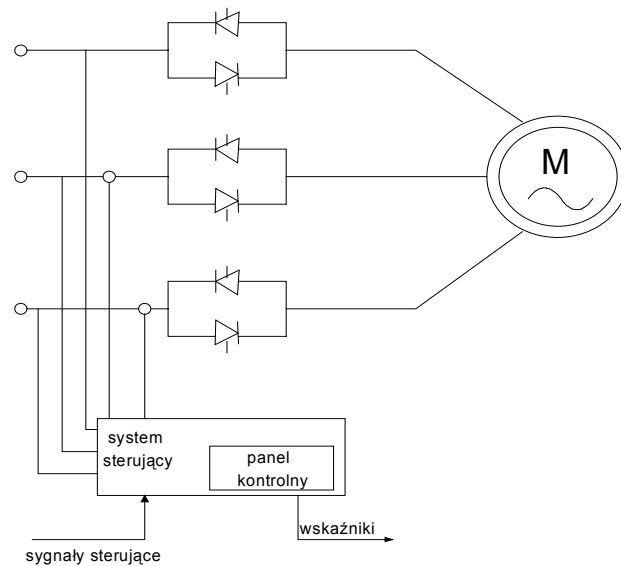
**Tradycyjne metody rozruchu silników elektrycznych, stosowane do dziś to :**

- **Rozruch bezpośredni** – polegający na bezpośrednim podłączeniu urządzenia na pełne napięcie sieci podczas gdy wirnik jest nieruchomy. Prąd rozruchowy jest ograniczany jedynie przez impedancję silnika a jego wartość może przekraczać aż sześciokrotną wartość prądu znamionowego.
- **Przełącznik trójkąt gwiazda** – dla ograniczenia niepożądanych efektów przy rozruchu bezpośrednim, zaczęto stosować układ przełączający. Uzwojenia silnika są początkowo łączone w gwiazdę, a po pewnym czasie przełączane na układ w trójkąt prąd rozruchowy w tym układzie jest około dwa razy większy od prądu znamionowego, jednak istniejące udary prądu w momencie przełączania układu mogą osiągnąć dwudziestokrotną wartość prądu znamionowego. Mimo iż udar prądu jest krótki, to ze względu na jego bardzo dużą wartość powoduje uderzenie momentu obrotowego w układzie mechanicznym i chwilowy spadek napięcia.
- **Rozruch autotransformatorem** – napięcie przy rozruchu może być w tym układzie regulowane przy pomocy autotransformatora. Jakkolwiek prąd rozruchowy przy postoju może być ograniczany do wartości prądu znamionowego, jednak podczas rozruchu uzwojenia silnika są odłączane kilka razy co powoduje podobne udary prądu jak w metodzie przełącznika trójkąt – gwiazda.

Jak widać konwencjonalne metody rozruchu silników elektrycznych mają szereg wad, a mianowicie :

- Duży pobór prądu rozruchowego jest bardzo kosztowny, tryb pracy „włącz – wyłącz” pomnaża te koszty znacznie.
- Udary momentu obrotowego mogą być uciążliwe przy niektórych zastosowaniach takich jak : dźwigi, przenośniki, pompy itp.
- Udar momentu obrotowego przenoszony jest na części mechaniczne jak : przekładnie, wały, pasy, silnik, co powoduje ich szybsze zużywanie się.
- Niski współczynnik mocy w czasie rozruchu może spowodować powstanie dodatkowych kosztów związanych z karami płaconymi energetyce.

Istnieje jednak możliwość uniknięcia wyżej wymienionych wad poprzez zastosowanie nowoczesnych układów rozruchowych Soft – Start, oczywiście gdy nie ma potrzeby regulacji prędkości obrotowej silników elektrycznych.



Rysunek 7.1. Schemat ogólny układu do miękkiego rozruchu Soft – Start.

Układ Soft – Start'u oparty jest na technice tyrystorowej czyli sterowanych elementach półprzewodnikowych dużej mocy. Elementy te nie przewodzą prądu, dopóki nie zostanie podany sygnał wyzwalający (sterujący) na bramkę. Po wysterowaniu przez tyrystor może płynąć prąd do momentu aż przyłożone napięcie do tyrystora osiągnie wartość ujemną. Wynika stąd iż wyłączenie tyrystora następuje w każdej połowce okresu napięcia przemiennego. Aby układ mógł przewodzić w obu kierunkach, należy połączyć dwa tyrystory równolegle, przeciwsobnie. Tyrystory w parach są wyzwalane co  $180^{\circ}$  kąta elektrycznego. Jak widać na rys.7.1. obwody głównego układu Soft – Start składają się z trzech par tyristorów, po jednej na każdą fazę. Odpowiednie tyrystory w parze są wyzwalane co  $120^{\circ}$  kąta elektrycznego. Wszystkie kąty załączenia tyristorów są zmieniane jednocześnie.

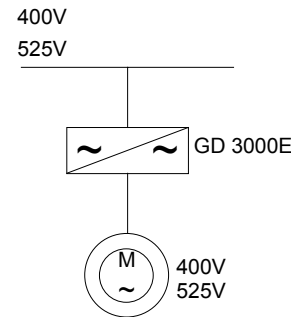
## 8. Nasze rozwiązania stosowane w przemyśle.

W swoich aplikacjach wykorzystujemy najnowszą technologię światową w dziedzinie energoelektroniki połączoną z bardzo dobrą polską myślą inżynierską. Daje to wymierne efekty w postaci licznych aplikacji rozsianych po całym kraju charakteryzujących się wysokim stopniem niezawodności i spełniających wymagania obowiązujących norm jak i wymogów klienta.



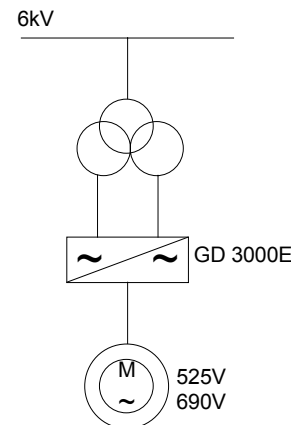
Nasze rozwiązania zastosowane w przemyśle różnych branż to :

Zastosowanie przemiennika częstotliwości w układzie bezpośredniego zasilania z istniejącej sieci przemysłowej (rysunek 8.1.). Te rozwiązanie nie wymaga stosowania dodatkowych transformatorów jak i wymiany silnika, jeśli jest on przystosowany do pracy z przemiennikiem częstotliwości.



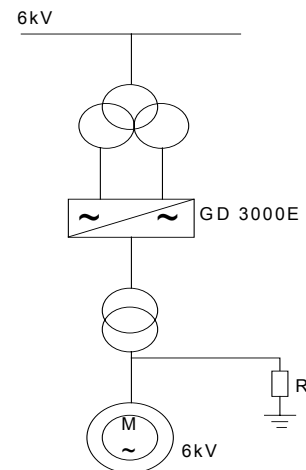
Rysunek 8.1.

Zastosowanie przemiennika zasilanego poprzez transformator obniżający napięcie (rysunek 8.2.). Najczęściej napięcie jest obniżane z 6kV na napięcie przemiennika (525V lub 690V), przeważnie w tym wariantcie występuje konieczność wymiany istniejącego silnika na nowy przystosowany do pracy z przemiennikiem na napięcie (525V lub 690V). Można stosować transformatory 3-uzwojeniowe dla prostowania 12-sto pulsowego, lub 2-uzwojeniowe dla prostowania 6-ścio pulsowego.



Rysunek 8.2.

Zastosowanie przemiennika częstotliwości w układzie podwójnej transformacji (rysunek 8.3.). **Układ ten nasza firma stosuje jako jedyna w Polsce!** Jest o tyle ciekawy, że pozwala pozostawić istniejące silniki na napięcie 6kV, tak jeszcze popularne w naszym kraju. Układ ten zakłada transformację napięcia z 6kV na napięcie przemiennika (525V lub 690V), a następnie podwyższenie napięcia wyjściowego z przemiennika do napięcia 6kV zasilającego silnik.



Rysunek 8.3.

## 9.Oferta urządzeń do regulacji i rozruchu silników elektrycznych.

Przedstawiamy Państwu naszą ofertę urządzeń do płynnej regulacji prędkości obrotowej silników elektrycznych (przezienniki częstotliwości) produkcji CEGELEC Francja i ABB, oraz układów do miękkiego rozruchu (Soft – Start) produkcji AKA Automatismes Francja.

### Przezienniki częstotliwości produkcji CEGELEC Francja :

Przezienniki 3-fazowe dla napędu prądu stałego typu AV-VNTC 4000 ; AV-VNTC 5000 ; AV-VNTC 6000 :

- 9 ÷ 750 kW            25 ÷ 1850 A            380 ÷ 440 V
- 11 ÷ 900 kW            25 ÷ 1850 A            525 V
- 510 ÷ 1125 kW        910 ÷ 1850 A            660 V

Przezienniki 3-fazowe dla napędu prądu stałego z rewersją obrotów typu

AV-WNTC 4000 ; AV-WNTC 5000 ; AV-WNTC 6000 :

- 8,2 ÷ 670 kW            25 ÷ 1850 A            380 ÷ 440 V
- 10 ÷ 800 kW            25 ÷ 1850 A            525 V
- 480 ÷ 1000 kW        900 ÷ 1850 A            660 V

Przezienniki częstotliwości 1-fazowe dla napędu prądu przemiennego typu AV-VF 2000 :

- 0,25 ÷ 2,2 kW            1,5 ÷ 10 A            230 V

Przezienniki częstotliwości 3-fazowe dla napędu prądu przemiennego typu AV-VF 3000 :

- 0,75 ÷ 11 kW            2,1 ÷ 25 A            400 V

Przezienniki częstotliwości 3-fazowe dla napędu prądu przemiennego typu AV-VF 4000 :

- 0,75 ÷ 4 kW            2,1 ÷ 9,5 A            230 V

Przezienniki 3-fazowe dla napędu prądu przemiennego małej mocy typu AV-MV 1000 :

- 0,75 ÷ 45 kW            3 ÷ 90 A            380 ÷ 400 V

Przezienniki 3-fazowe dla napędu prądu przemiennego typu AV-GD 3000E :

- 2,1 ÷ 1200 kW            5 ÷ 2262 A            380 ÷ 480 V
- 217 ÷ 1500 kW        282 ÷ 2262 A            525 V
- 247 ÷ 1800 kW        271 ÷ 1800 A            600 ÷ 690 V

Mamy w swojej ofercie również przezienniki częstotliwości nie wchodzące do typoszeręgów, a dostępne na indywidualne zamówienie na napięcie do **18 kV** i **nielimitowanej mocy** znamionowej.

**Proponujemy również przemienniki częstotliwości firmy ABB :**

Przemienniki 3-fazowe dla napędu prądu przemiennego typu ACS 600 :

- 2,2 ÷ 110 kW                  6,2 ÷ 215 A                  380 ÷ 415 V
- 3 ÷ 110 kW                    7,8 ÷ 164 A                  380 ÷ 500 V
- 4 ÷ 110 kW                    7,6 ÷ 127 A                  525 ÷ 690 V

**W swojej ofercie posiadamy także urządzenia do łagodnego rozruchu silników SOFT-START produkowane przez lidera w tej dziedzinie firmę AKA AUTOMATISMES Francja :**

Soft-Start 3-fazowe do łagodnego rozruchu silników prądu przemiennego typu UDEM :

- 14 kW ÷ 750 kW              27 A ÷ 900 A              400 / 500 V              3I<sub>n</sub> / 20 sec.
- 7,5 kW ÷ 750 kW              16 A ÷ 750 A              400 / 500 V              4I<sub>n</sub> / 45 sec.

**10.Lista referencyjna naszych instalacji.**

Klient	Użytkownik	Aplikacja	Typ przemiennika	Moc przekształtnika	Data uruchomienia
Fibak Noma Press	Drukarnia	Wentylatory	2xGD 2104	55 kW 380 V	Październik 1994
Zakłady Azotowe Chorzów	Adipol	Dozownik	GD 2007	3 kW 380 V	Luty 1995
ZEC Poznań	EC Garbary	Pompa Obiegowa	GD 21131	630kW 6kV	Październik 1995
ZEC Poznań	EC Karolin	Dozowniki	16xGD 2016	7.5 kW 380 V	Październik 1995
WPEC Opole		Dozowniki	9xGD 2016	7.5 kW 380 V	Lipiec 1995
WPEC Opole		Pompy Sieciowe	3 x VD 6000	800kW 6kV	Wrzesień 1995
Elektrobudowa S.A.	Petrochemia Płock	Wentylatory	14xGD 2032	15 kW 380 V	Sierpień 1995

Detrans Bytom		Stacja Rozładowcza	GD 2104	55 kW 380 V	Grudzień 1995
HpH Zabrze		Napędy Wozów	4xGD 2104 3xGD 2077	55 kW 380 V 37 kW 380 V	Grudzień 1995
ZEC Bielsko- Biała	EC Cieszyn	Pompa	GD 2377	250 kW 400 V	Wrzesień 1996
Huta Szopienice		Mieszadło Ołowiu	GD 2104	55 kW 380 V	Grudzień 1996
Elektrobudo- wa S.A.	Cukrownia Witaszyce	Mieszadło	GD 2145	90 kW 380 V	Czerwiec 1997
Energokam	Elektrownia Siersza	Wentylatory	2xGD 2600	630 kW 690 V	Sierpień 1997
„OPAM” Katowice	EC Miechowice	Wentylatory	2xGD 2754	630 kW 525 V	Sierpień 1997
Energokam	EC Lublin- Wrotków	Wentylatory	2xGD 2600	560 kW 660 V	Wrzesień 1997
Elektrobud- owa S.A.	Petrochemia Płock	Pompa Sieciowa	GD 3846E	800 kW, 6kV	Maj 1998
Huta Szopienice		Pompa Sieciowa	GD 3282E	250 kW 525 V	Wrzesień 1998
Huta Szopienice		Pompa Sieciowa	Soft-Start UDEMB33-B	250 kW 525 V	Wrzesień 1998
Energokam	EC Lublin- Wrotków	Wentylatory	2xGD 2600	560 kW 660 V	Październik 1997
Elektrobud- owa S.A.	Anwil- Włocławek	Mieszadło Granulatu	GD 3564E	315 kW 400 V	Grudzień 1998
PEC Stargard Szczeciński		Pompy Sieciowe	2xGD 3300E	343 kW 690 V	Marzec 1999
PEC Stargard Szczeciński		Pompy Sieciowe	2xGD 3207E	110 kW 380 V	Marzec 1999